

F-1999/05

Verteiler:  
(siehe Innen-  
seite)



*Belegexemplar*

**Forschungsvorhaben**

**Schalllängsdämmung im Mehrgeschoss-  
Holzbau**



**Abschlussbericht**

**27. März 2002**

V.: Troberg, Raetzweyer, Scholl, Hütking  
Prof. Hölke, Prof. Mainka, Prof. Biel

# Abschlussbericht

<b>Thema</b>	Schalllängsleitung bei Außen- und Innenwänden im Mehrgeschoss-Holzbau
<b>Kurztitel</b>	Schalllängsdämmung im Mehrgeschoss-Holzbau
<b>Auftraggeber</b>	Deutsche Gesellschaft für Holzforschung e.V. DGfH Bayerstraße 57-59 80335 München AIF-Nr. 12102 N
<b>Gefördert durch</b>	AIF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. Bayenthalgürtel 23 50968 Köln
<b>Forschungsstelle</b>	ift Rosenheim Theodor-Gietl-Straße 7-9 83026 Rosenheim
<b>Bearbeiter</b>	Dr. rer. nat. Rolf Schumacher. Dipl.-Ing. (FH) Markus Pütz Dipl.-Ing. (FH) Bernd Saß
<b>Institutsleitung</b>	Dr. Helmut Hohenstein

Rosenheim, März 2002

## Inhalt

	Seite
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Begriffe und Formelzeichen</b>	<b>3</b>
<b>3 Beschreibung der Probekörper</b>	<b>7</b>
3.1 Festlegung der Probekörper	7
3.2 Außenwand	8
3.3 Innenwand mit getrennten Ständern	9
3.4 Innenwand ohne getrennten Ständer	10
3.5 Vorsatzschalen	11
<b>4 Durchführung der Messungen und Berechnungen</b>	<b>12</b>
4.1 Messung der Längsschalldämmung im Labor	12
4.2 Messung der Luftschalldämmung im Labor	13
4.3 Messung der Luftschalldämmung am Bau	13
4.4 Messung der Schnellepegel	14
4.5 Messung des Stoßstellendämm-Maßes	15
4.6 Bestimmung der äquivalenten Absorptionslänge	15
4.7 Bestimmung des Flankenschalldämm-Maßes	16
4.8 Bestimmung der Körperschallnachhallzeit	16
4.9 Einzahlangaben	16
4.10 Rechenverfahren nach DIN EN 12354-1	16
<b>5 Ergebnisse der Untersuchungen</b>	<b>18</b>
5.1 Schnellepegelverlauf	18
5.1.1 Vergleich von Weg 12 und Weg 13	18
5.1.2 Anregung mit Shaker und mit Luftschall	19
5.2 Stoßstellendämmung	20
5.3 Körperschallnachhallzeit	20

5.4	Längsschalldämmung	21
5.5	Luftschalldämmung im Labor	26
5.6	Luftschalldämmung am Bau	28
5.7	Längsschalldämmung und Stoßstellendämmung	29
<b>6</b>	<b>Analyse der Untersuchungen</b>	<b>32</b>
6.1	Vergleich von Konstruktionsdetails	32
6.1.1	Variation der Dämmung und Beplankung	32
6.1.2	Trennung der inneren Beplankung	32
6.1.3	Durchgehende und getrennte Außenwand	33
6.1.4	Verbund mit elastischer Zwischenlage	33
6.1.5	Getrennte Wand, Schwelle und Rähm	34
6.2	Innere Beplankung	34
6.3	Vorsatzschalen	37
6.4	Tiefe Frequenzen	39
6.5	Schallübertragungswege	41
6.5.1	Messtechnische Bewertung	41
6.5.2	Rechnerische Bewertung	42
6.6	Trennwandanschluss	49
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>50</b>
7.1	Bedeutung der inneren Beplankung	50
7.2	Vorsatzschalen	50
7.3	Tiefe Frequenzen	51
7.4	Trennwandanschluss	51
7.5	Ausblick	52
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>53</b>

8 Tabellen

92 Bilder

## 1 Einleitung

Die Schalldämmung zwischen zwei Räumen hängt nicht nur von der unmittelbaren Übertragung über das trennende Bauteil ab, sondern auch von der Schalllängsleitung über Nebenwege oder flankierende Bauteile. Die Grundlagen zur Berechnung und Messung der sogenannten Transmissionsdämmung sind hinreichend bekannt, zumindest für homogene, massive Bauteile. Dagegen zeigt die Diskussion über den Einfluss der Längsschalldämmung auf die Gesamtschalldämmung zwischen zwei Räumen, insbesondere bei leichten Außen- und Innenwänden und Fassaden, dass vieles noch der experimentellen und theoretischen Klärung bedarf. Dies gilt insbesondere auch für die Betrachtung der Schallausbreitung im mehrgeschossigen Holzbau, d. h. für neben- oder übereinanderliegende Wohnungen, für die die Mindestanforderungen nach DIN 4109 gültig sind. Je nach Art der Anschlüsse des Trennelementes an die flankierenden Bauteile und je nach Aufbau dieser flankierenden Elemente kann der Beitrag der Längsschallübertragung für den gesamten Schallschutz zwischen zwei Räumen erheblich sein.

Die bisherigen Untersuchungen zur Schalldämmung und vor allem zur Längsschalldämmung von Außen- und Innenwänden sowie Decken in Holzbauweise gehen auf Arbeiten von Prof. Gösele für die Holzhausindustrie, die EGH und den Normenausschuss zu DIN 4109 vor etwa 20 Jahren zurück [1], [2], [3]. Weitere Untersuchungen wurden in den 90er-Jahren von der Holzindustrie durchgeführt [4], [5], [6], [7].

In der Praxis – auch bei Holzbauten – setzt sich das resultierende Schalldämm-Maß  $R'_w$  zwischen zwei Räumen aus der energetischen Summe der direkten Schalldämm-Maße und aller an der Übertragung beteiligter Flankendämm-Maße unter Berücksichtigung der Anschlüsse zusammen. Die zukünftige europäische Normung schreibt für die Berechnung der Schalldämmung die rechnerische Berücksichtigung der Längsschalldämm-Maße einschließlich der Knoten- oder Stoßstellendämm-Maße vor [8].

Man kann also bei Kenntnis der bewerteten Schalldämm-Maße aus dem Prüfstand ohne Schallnebenwege, den Längsschalldämm-Maßen aus dem Längsleitungsprüfstand und den Stoßstellen- oder Anschlussdämm-Maßen die zu erwartende resultierende Schalldämmung zwischen zwei Räumen am ausgeführten Bau berechnen, für die nach DIN 4109 bauaufsichtlich geschuldeten Anforderungen zu erfüllen sind. Nach der neuen Konzeption des Beiblattes 1 zu DIN 4109 sind diese Größen entscheidend für den Schallschutznachweis.

Im Holzbau fehlen für diesen rechnerischen Nachweis die Daten sowohl der reinen Längsschalldämm-Maße als auch der Stoßstellendämm-Maße. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt können weder die revidierten deutschen noch die europäischen Normen für den Holzbau in die Praxis umgesetzt werden.

Die Anwendbarkeit und die Gültigkeit der Körperschallmesstechnik im Stoßstellenbereich Trennwand/Flankenwand ist auch Gegenstand dieses Forschungsvorhabens. Insbesondere ist zu prüfen, ob das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$ , das in Abhängigkeit von der Schnellepegeldifferenz an einer Stoßstelle in beiden Richtungen unter, sofern erforderlich, Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit der beteiligten Bauteile definiert ist, bei Holzbauteilen analog zum Massivbau zu beschreiben ist. Im Vorfeld wurden am ift grundlegende Untersuchungen zur Bestimmung der Stoßstellendämmung von Fassaden und im Holzbau durchgeführt [9], [10].

Diese Untersuchungen bilden zusammen mit dem durchgeführten Literaturstudium zum Thema Längsschalldämmung im Holzbau die Basis, auf der dieses Projekt aufbaut.

## 2 Begriffe und Formelzeichen

### Begriffe

Begriff	Erklärung
Koinzidenzfrequenz	Frequenz, bei der eine Platte mit der Luftschallanregung in Resonanz schwingt
lab	Kennzeichnung der Gegebenheiten im Labor
in situ	Kennzeichnung der Gegebenheiten am Bau
Ständer	Senkrechtes Konstruktionsholz in einer Wand in Holzbauweise Rohdichte 450 kg/m <sup>3</sup>
Schwelle, Rähm	Unteres und oberes waagerechtes Konstruktionsholz in einer Wand in Holzbauweise
Gefach	Bereich zwischen zwei Ständern einer Holzbauwand
OSB	„Oriented Strand Board“, Holzwerkstoffplatte mit groben Spänen, wird im Holzbau verwendet
DWD	Diffusionsoffene Holzwerkstoffplatte für die äußere Beplankung von Holzständer-Außenwänden
GF	Gipsfaserplatte (Fabrikat Fermacell)
Zellulosedämmstoff, eingeblasen	Hohlraumdämmung aus Zellulosematerial, das in die fertige Wand eingeblasen wird. Verwendet wurden die Fabrikate „Isofloc“, „Climacell“ und „Thermofloc“ Dichte 35-60 kg/m <sup>3</sup>
Zellulose-Plattendämmstoff	Hohlraumdämmung aus Zellulosematerial in Plattenform. Verwendet wurde das Fabrikat „Homatherm“ Dichte 70-100 kg/m <sup>3</sup>
Mineralfaserdämmstoff	Wandbauplatten Dichte 50 kg/m <sup>3</sup>

## Formelzeichen

Zeichen	Erklärung	Einheit
1, 2, 3	Kennzeichnung der Bauteile nach Bild 10 bzw. Bild 11	-
A	äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum	m <sup>2</sup>
A <sub>0</sub>	Bezugs-Absorptionsfläche (10 m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>
a <sub>0</sub>	Bezugswert für Beschleunigungspegel, a <sub>0</sub> = 1×10 <sup>-6</sup> ms <sup>-2</sup>	ms <sup>-2</sup>
a <sub>i</sub> , a <sub>j</sub>	äquivalente Absorptionslänge des Bauteils i bzw. j	m
C	Spektrum-Anpassungswert für A-Schallpegel nach [20] im Bereich von 100 Hz bis 3150 Hz	dB
C <sub>tr</sub>	Spektrum-Anpassungswert für A-bewerteten Straßenverkehr nach [20] im Bereich von 100 Hz bis 3150 Hz	dB
c <sub>0</sub>	Luftschallgeschwindigkeit, c <sub>0</sub> = 340 m/s	m/s
D	Kennzeichnung für das trennende Bauteil, Senderraumseite	-
d	Kennzeichnung für das trennende Bauteil, Empfangsraumseite	-
Dd	Schallübertragungsweg über das trennende Bauteil ohne Nebenwege	-
Df	Schallübertragungsweg über die Stoßstelle, bei Fassaden ist dies der Weg 23, vgl. Bild 10	-
D <sub>n,f</sub>	Norm-Flankenpegeldifferenz	dB
D <sub>n,f,w</sub>	bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz	dB
D <sub>v,ij</sub> , D <sub>v,ji</sub>	Schnellepegeldifferenz ij bzw. ji, wenn Bauteil i bzw. j angeregt wird	dB
$\overline{D_{v,ij}}$	Richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz in dB, $\overline{D_{v,ij}} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} \text{ dB, d. h. } \overline{D_{v,ij}} = \overline{D_{v,ji}}$	dB
F	Kennzeichnung für das flankierende Bauteil, Senderraumseite	-
f	Kennzeichnung für das flankierende Bauteil, Empfangsraumseite	-
Ff	Schallübertragungsweg über die Stoßstelle, bei Fassaden ist dies der Weg 13, vgl. Bild 10 und Bild 11	-
Fd	Schallübertragungsweg über die Stoßstelle, bei Fassaden ist dies der Weg 12, vgl. Bild 10 und Bild 11	-
f	Bandmittenfrequenz	Hz
f <sub>ref</sub>	Bezugsfrequenz (1000 Hz)	Hz

## Formelzeichen

Zeichen	Erklärung	Einheit
$ij$	Kennzeichnung der Übertragung bei Stoßstellen, Bei T-Stößen ist $ij = 12, 23, 13$ bzw. $ij = Dd, Df, Fd, Ff$	-
$K_{ij}$	Stoßstellendämm-Maß	dB
$K_{12}$	Stoßstellendämm-Maß auf dem Weg 12	dB
$K_{13}$	Stoßstellendämm-Maß auf dem Weg 13	dB
$L_1$	Schallpegel im Senderraum	dB
$L_{1,s}$	Schallpegel auf der Außenfläche des Prüfobjekts	dB
$L_2$	Schallpegel im Empfangsraum	dB
$L_a$	Beschleunigungspegel	dB
$L_{ag}$	Anzeige des Schallpegelmessers bei einer Beschleunigung von $1 g (= 10 \text{ ms}^{-2})$ , Anzeigewert des Gerätes ist 140 dB	dB
$L_v$	Schnellepegel	dB
$l_f$	gemeinsame Länge der Stoßstelle	m
$l_{ij}$	gemeinsame Länge der Stoßstelle, bei der vorliegenden Untersuchung ist $l_{ij} = 2,25 \text{ m}$	m
$l_{lab}$	gemeinsame Länge der Stoßstelle im Labor, bei der vorliegenden Untersuchung ist $l_{lab} = 2,25 \text{ m}$ Die Länge der gemessenen Profile wird ebenfalls mit $l_{lab}$ bezeichnet; sie beträgt $l_{lab} = 1,50 \text{ m}$	m
$l_0$	Bezugslänge (1 m)	m
$R$	Schalldämm-Maß in dB ohne Nebenwege	dB
$R_S$	Schalldämm-Maß der Trennwand	dB
$R_i, R_j$	Schalldämm-Maß der Bauteile $i$ bzw. $j$	dB
$R'$	Bau-Schalldämm-Maß mit Nebenwegen	dB
$R_{ij}$	Flanken-Schalldämm-Maß	dB
$\Delta R$	Luftschallverbesserungsmaß, z. B. einer Vorsatzschale	dB
$\Delta R_i, \Delta R_j$	Luftschallverbesserungsmaß der Bauteile $i$ bzw. $j$	dB
$R_w$	bewertetes Schalldämm-Maß ohne Nebenwege	dB
$R_{S,w}$	bewertetes Schalldämm-Maß der Trennwand	dB
$R_{i,w}, R_{j,w}$	bewertetes Schalldämm-Maß der Bauteile $i$ bzw. $j$	dB
$R'_w$	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß mit Nebenwegen	dB

**Formelzeichen**

Zeichen	Erklärung	Einheit
$R_{f,w}$	bewertetes Flanken-Schalldämm-Maß	dB
$\Delta R_w$	bewertetes Luftschallverbesserungsmaß	dB
$S$	Fläche des Bauteils	m <sup>2</sup>
$S_i, S_j$	Fläche des Bauteils i bzw. j, bei der Untersuchung ist $S_1 = 11,54 \text{ m}^2$ , $S_2 = 2,24 \text{ m}^2$ und $S_3 = 8,37 \text{ m}^2$	m <sup>2</sup>
$S_s$	Fläche des trennenden Bauteils, bei der vorliegenden Untersuchung ist $S_s = 21 \text{ m}^2$	m <sup>2</sup>
$T$	Nachhallzeit (Abnahmezeit des Schallpegels um 60 dB)	s
$T_s$	Körperschallnachhallzeit	s
$T_{s,i}, T_{s,j}$	Körperschallnachhallzeit des Bauteils i bzw. j	s
$v_0$	Bezugswert für Schnellepegel, $v_0 = 5 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-1}$ (nach [15]), $v_0 = 1 \times 10^{-9} \text{ ms}^{-1}$ (nach [16]), bei absoluten Messungen beträgt die Differenz der gemessenen Schnellepegel 17 dB	ms <sup>-1</sup>

### 3 Beschreibung der Probekörper

Es wurden Messungen an Holzständerwänden der Firma Lux in Roth durchgeführt. Die Probekörper wurden, wenn nicht anders beschrieben, in den Längsleitungsprüfstand bzw. den Wandprüfstand des **ift** eingebaut. Die Anschlussfugen wurden mit Hinterfüllmaterial ausgestopft und beidseitig mit elastischem Dichtstoff abgedichtet.

In einem ersten Schritt wurden Holzständerwände untersucht, an denen die Anschlusssituationen der Trennwand variiert wurden. In einem zweiten Schritt wurden die Materialien und der Aufbau der Holzständerwände variiert.

#### 3.1 Festlegung der Probekörper

Bei der Auswahl der Probekörper waren bestimmte Randbedingungen zu beachten, die sich aus den Prüfständen und den Messanordnungen ergeben. Geprüft wurde die Längsschalldämmung im Prüfstand mit und ohne Trennwandstummel-Anschluss.

Da der Trennwandstummel seitlich versetzt zum Trennwandanschluss des Längsleitungsprüfstandes liegt, wurde die Prüföffnung nach Bild 1 um 260 mm größer erstellt. Zum Schließen der Öffnung wurde ein hochschalldämmendes Element in den erforderlichen Abmessungen erstellt; damit ist es möglich, die Längsschalldämmung der identischen Trennwand mit und ohne Anschluss an den Trennwandstummel zu bestimmen. Die Variation mit und ohne Trennwandanschluss ist in Bild 2 dargestellt.

Gleichzeitig zur Längsschalldämmung sollte die Luftschalldämmung der Prüfstände bestimmt werden. Daher wurde eine Wand in den Abmessungen des Wandprüfstandes erstellt. Aus der Geometrie der Prüfstände ergab sich die Notwendigkeit, die Prüföffnung asymmetrisch zur Trennwand zu erstellen, um die beschriebenen Randbedingungen einhalten zu können.

Die Probekörper sind in Bild 3 bis Bild 8 im Schnitt dargestellt. Der Anschluss der Trennwand an die Flankenwand (T-Stoß) ist in Bild 15 und Bild 16 dargestellt.

Die Masse der Wände wurde rechnerisch ermittelt. Für die rechnerische Ermittlung wurden folgende Daten verwendet:

Holz (Fichte)	Rohdichte 450 kg/m <sup>3</sup>	
Beplankung	OSB 12 mm	8,1 kg/m <sup>2</sup>
	OSB 19 mm	11,1 kg/m <sup>2</sup>
	GF 10 mm	11,7 kg/m <sup>2</sup>
	GF 12,5 mm	14,6 kg/m <sup>2</sup>
Dämmung	Zellulosedämmstoff, eingeblasen	50 kg/m <sup>3</sup>
	Zellulose-Plattendämmstoff	85 kg/m <sup>3</sup>
	Mineralfaserdämmstoff	50 kg/m <sup>3</sup>

Die Werte für den Dämmstoff und die Ständer (Fichte) wurden aus der Literatur entnommen; die Flächengewichte für die Beplankung wurden an Einzelproben bestimmt.

### 3.2 Außenwand

Die Außenwände sind wie folgt aufgebaut:

Innere Beplankung	19 mm OSB, mit Klammern geschossen
Füllung	160 mm Zellulosedämmstoff, eingeblasen
Ständer	80 mm × 160 mm Fichte, Raster 625 mm
Äußere Beplankung	16 mm DWD, mit Klammern geschossen

Um unterschiedliche Anschlusssituationen zu untersuchen, wurde die Wand einmal durchgehend und einmal geteilt hergestellt.

#### Varianten der Außenwand

Innere Beplankung	12 mm OSB
Befestigung	Platten geschraubt
Füllung	160 mm Mineralfaserdämmstoff
Ständer	80 mm × 160 mm Fichte, Im Bereich der Trennwandanschlusses 1 Ständer (Wand 8) bzw. 2 Ständer (Wand 9), Schwelle und Rähm jeweils durchgehend

Von der durchgehenden Wand wurden 3 Varianten mit den oben beschriebenen Maßnahmen und Varianten erstellt. Die Kennzeichnung und die Abmessungen sind:

### Gewicht und Abmessung der Wände

Kennzeichnung	Abmessung Breite × Höhe in mm	Wanddicke in mm	Masse in kg	Flächengewicht in kg/m <sup>2</sup>
<b>Durchgehende Wände</b>				
Wand 1	7170 × 2780	195	815	40,9
Wand 8	7170 × 2780	188	755	37,9
Wand 9	7170 × 2780	188	768	38,6
<b>Geteilte Wand</b>				
Wand 2	4150 × 2780	195	462	40,1
Wand 3	3020 × 2780	195	339	40,4

### 3.3 Innenwand mit getrennten Ständern

Beplankung	beidseitig zweilagig Gipsfaserplatten, 10 mm und 12,5 mm, mit Klammern geschossen
Füllung	80 mm Zellulose-Plattendämmstoff
Ständer	2 × 80 mm × 80 mm Fichte, 10 mm Zwischenraum, mit Mineralwolle hinterlegt, Schwelle und Rähm durchgehend

#### Varianten der Innenwand mit getrenntem Ständer

Trennung von Ständern und Rähm, (zum Vergleich mit der Baustelle) Füllung 170 mm Zellulosedämmstoff, eingeblasen.

Die Wand ist in Bild 17 dargestellt. Hergestellt wurde eine Wand zur Prüfung der Luftschalldämmung und eine Wand zur Simulation des Wandanschlusses im Längsleitungsprüfstand. Die Kennzeichnung und die Abmessungen sind:

### Gewicht und Abmessung der Wände

Kennzeichnung	Abmessung Breite × Höhe in mm	Wanddicke in mm	Masse in kg	Flächengewicht in kg/m <sup>2</sup>
Innenwand zur Prüfung der Luftschalldämmung:				
Wand 4	4150 × 2780	215	856	74,2
Wand 10	4150 × 2780	215	854	74,0
Trennwandstummel zur Simulation des Wandanschlusses				
Wand 5	800 × 2780	215	187	84,1

### 3.4 Innenwand ohne getrennten Ständer

Bepankung	beidseitig zweilagig Gipsfaserplatten, 10 mm und 12,5 mm, mit Klammern geschossen
Füllung	80 mm Zellulose-Plattendämmstoff
Ständer	80 mm × 80 mm Fichte

Hergestellt wurde eine Wand zur Prüfung der Luftschalldämmung und eine Wand zur Simulation des Wandanschlusses im Längsleitungsprüfstand. Die Kennzeichnung und die Abmessungen sind:

### Gewicht und Abmessung der Wände

Kennzeichnung	Abmessung Breite × Höhe in mm	Wanddicke in mm	Masse in kg	Flächengewicht in kg/m <sup>2</sup>
Innenwand zur Prüfung der Luftschalldämmung:				
Wand 6	4150 × 2780	125	753	65,3
Trennwandstummel zur Simulation des Wandanschlusses				
Wand 7	800 × 2780	125	159	71,6

### 3.5 Vorsatzschalen

Die Außenwände wurden teilweise mit Vorsatzschalen versehen, die wie folgt aufgebaut sind:

Bepankung	12,5 mm Gipsfaserplatten
Unterkonstruktion	27 mm Federschielen/Konstruktionsholz 28 × 50
Hinterfüllung	30 mm Mineralwolleplatten TW 1

## 4 Durchführung der Messungen und Berechnungen

In diesem Kapitel werden die Methoden beschrieben, nach denen die Messungen durchgeführt und ausgewertet wurden. Weiterhin werden die Rechenverfahren dargestellt, nach denen das resultierende Schalldämm-Maß nach dem neuen Rechenmodell [8] bestimmt wird.

Für die Messungen wurde ein Vielkanal-Echtzeitanalysator des Typs Nortronic 840 verwendet. Die Luftschallmessungen wurden mit Diffusfeldmikrofonen des Typs Nortronic 1220 durchgeführt. Zur Erzeugung eines diffusen Schallfeldes wurden die Dodekaederlautsprecher des Typs Nortronic 229 mit Rosa Rauschen gespeist. Die Mikrofone wurden während der Messung der Schallpegel im Sende- und Empfangsraum automatisch auf einer Kreisbahn bewegt.

Die Körperschallmessungen wurden mit piezo-elektrischen Beschleunigungsaufnehmern des Typs Nortronic 1270 bzw. 1271 durchgeführt. Die Beschleunigungsaufnehmer wurden mit einem Beschleunigungskalibrator des Typs B&K 4294 kalibriert, der eine Beschleunigung von  $10\text{ms}^{-2}$  ( $\approx 1\text{g}$ ) bei einer Frequenz von 160 Hz erzeugt. Zur Körperschallanregung wurde ein Shaker des Typs B&K 4810 verwendet. Zur Luftschallanregung wurden Dodekaederlautsprecher des Typs Nortronic 229 verwendet. Die Ansteuerung erfolgte mit Rosa Rauschen, die Messung wurde mit den Beschleunigungsaufnehmern durchgeführt.

Die frequenzabhängigen Messgrößen (z. B. Nachhallzeit  $T$ , Schallpegel  $L$ , Beschleunigungspegel  $L_a$ ) wurden in Terzbändern von 50 Hz bis 5000 Hz gemessen. Wegen der Messunsicherheit bei tiefen Frequenzen wurden die Diagramme von Messungen kleiner Bauteile und von Stoßstellen in der Anlage im Bereich von 100 Hz bis 5000 Hz dargestellt. Die Darstellung der Längsschalldämmung und der Luftschalldämmung der Wände erfolgt im Frequenzbereich ab 50 Hz, um zusätzliche Erkenntnisse über das schalltechnische Verhalten von Holzständerwänden bei tiefen Frequenzen zu erlangen.

### 4.1 Messung der Längsschalldämmung im Labor

Die Untersuchungen wurden, wenn nicht anders beschrieben, im Schall-Längsleitungsprüfstand des ift Rosenheim durchgeführt (Bild 1). Der Längsleitungsprüfstand hat eine Maximaldämmung, bezogen auf die Messanordnung mit  $A_0 = 10\text{ m}^2$ , von  $D_{n,f,w,\max} = 69\text{ dB}$ . Die Maximaldämmung des Längsleitungsprüfstandes ist in Bild 12 dargestellt.

Zur Simulation des Trennwandanschlusses wurde ein Trennwandstummel in den Abmessungen 2780 mm × 800 mm im Empfangsraum stehend vor die hochschalldämmende Trennwand des Prüfstandes eingebaut. Der Baukörperanschluss erfolgte dann an diesen Trennwandstummel. Die Messungen mit dem Trennwandstummel, wie in Bild 1 und Bild 2 unten dargestellt, sind eine Kombination der Flankenschallübertragungswege  $F_f$  (Längsschall) und  $F_d$ .

Die Norm-Flankenpegeldifferenz  $D_{n,f}$  von Fassaden wird im Labor bestimmt im Zweiraumverfahren nach der Beziehung [13].

$$D_{n,f} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{A_0}{A}\right) \quad \text{dB} \quad (1)$$

*Anmerkung:*

Die Norm-Flankenpegeldifferenz  $D_{n,f}$  entspricht im Betrag der älteren Bezeichnung Längsschalldämm-Maß  $R_L$  bzw. Labor-Schall-Längsdämm-Maß  $R_L$ .

## 4.2 Messung der Luftschalldämmung im Labor

Die Messung der Luftschalldämmung wurde im Wandprüfstand des ift Rosenheim durchgeführt (Bild 9). Der Wandprüfstand hat eine Maximaldämmung, bezogen auf die Messanordnung mit  $S = 11,68 \text{ m}^2$ , von  $R_{w,\max} = 70 \text{ dB}$ . Die Maximaldämmung des Wandprüfstandes ist in Bild 13 dargestellt.

Das Schalldämm-Maß  $R$  von trennenden Bauteilen wird im Labor bestimmt im Zweiraumverfahren nach der Beziehung [14]

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) \quad \text{dB} \quad (2)$$

## 4.3 Messung der Luftschalldämmung am Bau

Um die ermittelten Schalldämm-Maße im Labor mit einer Einbausituation am Bau zu vergleichen, stand ein konkretes Bauvorhaben zur Verfügung. Geprüft wurden Wände und Decken im Bauvorhaben „Burg Schwaneck“ in Pullach bei

München (Bild 19 und Bild 20). Die Probekörper wurden in der Planungsphase so abgestimmt, das der Wandaufbau im Labor mit der Ausführung am Bau verglichen werden kann.

Das Schalldämm-Maß  $R'$  von trennenden Bauteilen wird am Bau bestimmt im Zweiraumverfahren nach der Beziehung [14]

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg\left(\frac{S}{A}\right) \quad \text{dB} \quad (3)$$

#### 4.4 Messung der Schnellepegel

Die Messung der Schnellepegel erfolgte bei dieser Untersuchung im Echtzeit-Messmodus der Nortronic 840 in Terzschritten von 50 Hz bis 5000 Hz mit der Zeiteinstellung „Fast“. Die Messzeit pro Aufnehmerpunkt betrug 5s. Da die Messung mit Beschleunigungsaufnehmern durchgeführt wurden, wurde als Bezugsgröße der Messung  $a_0 = 1 \times 10^{-6} \text{ ms}^{-2}$  eingestellt. Der Aufbau der Messanordnung ist in Bild 21 und Bild 22 dargestellt.

Die Schnellepegel  $L_v$  werden aus den gemessenen Beschleunigungspegeln  $L_a$  berechnet nach der Beziehung [15]

$$L_v = L_a + 150 - 20 \cdot \lg\left(\frac{f \text{ Hz}}{1 \text{ Hz}}\right) - L_{ag} \quad \text{dB} \quad (4)$$

Die Messwerte sind aufgrund der Definition in [15] auf die Bezugs-Schnelle  $v_0 = 5 \times 10^{-8} \text{ ms}^{-1}$  bezogen. Auch das Messgerät lässt sich nur auf diese Bezugsschnelle einstellen.

##### *Anmerkung:*

In [16] beträgt dieser Wert  $v_0 = 1 \times 10^{-9} \text{ ms}^{-1}$ . Das bedeutet, das die Zahlenwerte von absoluten Schnellepegelmessungen um 17 dB zu erhöhen sind, wenn Vergleiche mit Messungen nach [16] durchgeführt werden. Dieser Unterschied gilt nicht bei Schnellepegeldifferenzen, da sich  $v_0$  durch die Subtraktion der beiden Schnellepegel aufhebt.

#### 4.5 Messung des Stoßstellendämm-Maßes

Die Messung des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$  wurde für die Stoßstellen zwischen der Trennwand und den flankierenden Außenwänden durchgeführt.

Die Messung erfolgte nach der Messgleichung aus [8] und [16].

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \cdot \lg \left( \frac{I_{ij}}{\sqrt{a_i \cdot a_j}} \right) \quad \text{dB} \quad (5)$$

Die Schnellepegeldifferenzen wurden teilweise mit Körperschallanregung und teilweise mit Luftschallanregung bestimmt.

Sind das Flankenschalldämm-Maß  $R_{ij}$  und die Luftschalldämm-Maße  $R_i$  und  $R_j$  der Flankenbauteile bekannt, so kann das Stoßstellendämm-Maß auch rechnerisch ermittelt werden nach

$$K_{ij} = R_{ij} - \frac{R_i + R_j}{2} - 5 \cdot \lg \left( \frac{a_i \cdot a_j}{I_{ij}^2} \right) + 5 \cdot \lg \left( \frac{S_i \cdot S_j}{S_s^2} \right) \quad \text{dB} \quad (6)$$

#### 4.6 Bestimmung der äquivalenten Absorptionslänge

Die äquivalente Absorptionslänge  $a$  wird im Allgemeinen bestimmt nach der Beziehung

$$a = \frac{2,2 \cdot \pi^2 \cdot S}{c_0 \cdot T_s} \cdot \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \quad \text{m} \quad (7)$$

Zur Bestimmung der äquivalenten Absorptionslänge  $a_i$  bzw.  $a_j$  sind die Körperschallnachhallzeiten  $T_{S,i}$  bzw.  $T_{S,j}$  und die Bauteilflächen  $S_i$  bzw.  $S_j$  einzusetzen. Nach [8] berechnet sich  $a$  zu

$$a = \frac{S}{I_0} \quad \text{m} \quad (8)$$

wenn nachfolgende Bedingungen für die untersuchten Bauteile erfüllt sind:

- Zweischalige Leichtbauteile,
- Bauteile mit einem inneren Verlustfaktor größer als 0,03,
- Bauteile, die mindestens dreimal so leicht sind wie die umgebenden Bauteile oder für
- Bauteile, die nicht fest mit den umgebenden Bauteilen verbunden sind.

#### 4.7 Bestimmung des Flankenschalldämm-Maßes

Das Flankenschalldämm-Maß beschreibt die Schallübertragung über den Weg ij. Liegen Werte für die Norm-Flankenpegeldifferenz vor, so berechnet sich das Flankenschalldämm-Maß nach [8] zu

$$R_{ij} = D_{n,ij} + 10 \cdot \lg\left(\frac{I_{lab}}{I_f}\right) + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_s}{A_0}\right) \quad \text{dB} \quad (9)$$

#### 4.8 Bestimmung der Körperschallnachhallzeit

Die Körperschallnachhallzeit wurde mit der MLS- Messtechnik der Nortronic 840 in Terzschritten von 50 Hz bis 5000 Hz bestimmt. Um möglichst kurze Nachhallzeiten zu messen, wurde die Messung mit zeitinverser Filterung vorgenommen [19].

#### 4.9 Einzahlangaben

Zur vereinfachten Darstellung der Messergebnisse und für die Anwendung des vereinfachten Rechenmodells (simplified model) werden aus den frequenzabhängigen Messkurven Einzahlwerte einschließlich der Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_{tr}$  nach [16] bzw. [20] bestimmt.

#### 4.10 Rechenverfahren nach DIN EN 12354-1

Nachfolgend wird das Verfahren beschrieben, nach dem die Prognose des resultierenden Schalldämm-Maßes durchgeführt wird [8]. Laut Definition sind die Übertragungswege nach Bild 10 zu beachten. Für den Holzbau wurde in [10] der Einfluss der inneren Beplankung der Holzständerwände als wesentlicher Übertragungsweg bei der Längsschalldämmung ermittelt. Damit ergibt sich die modifizierte Darstellung nach Bild 11.

Für den Ausdruck des resultierende Schalldämm-Maßes  $R'$  erhält man:

$$R' = -10 \cdot \lg \left( 10^{\frac{R_{Dd}}{10}} + \sum 10^{\frac{R_{ij}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (10)$$

$ij = Ff, Fd, Df$

Für die einzelnen Übertragungswege heißt dies im vereinfachten Modell (simplified model, Rechnung mit bewerteten Schalldämm-Maßen, nicht spektral):

$$R'_w = -10 \cdot \lg \left( 10^{\frac{R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{R_{Df,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{R_{Fd,w}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (11)$$

Die einzelnen Flankenschalldämm-Maße können nach [8] berechnet werden unter Berücksichtigung des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$ :

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \lg \left( \frac{S_s}{l_0 \cdot l_{ij}} \right) \text{ dB} \quad (12)$$

Das Luftschallverbesserungsmaß  $\Delta R_{ij,w}$  von Vorsatzschalen auf dem Weg  $ij$  ist aus den einzelnen Verbesserungsmaßen nach [8] bei einseitig angebrachten Vorsatzschalen wie folgt zu berechnen:

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} \text{ bzw. } \Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} \text{ dB} \quad (13)$$

bzw., bei beidseitig angebrachten Vorsatzschalen, wobei für die Vorsatzkonstruktion mit dem niedrigeren Wert der halbe Wert genommen wird:

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} + \frac{\Delta R_{j,w}}{2} \text{ oder } \Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} + \frac{\Delta R_{i,w}}{2} \text{ dB} \quad (14)$$

## 5 Ergebnisse der Untersuchungen

In diesem Kapitel werden die Messungen vorgestellt, die im Rahmen des Projektes durchgeführt wurden. Zunächst werden die orientierenden Körperschallmessungen vorgestellt, die die Grundlage für die späteren systematischen Untersuchungen bildeten [10]. Die Ergebnisse der Voruntersuchungen sind bereits im Vorprojekt „Grundlagenuntersuchungen zum Stoßstellendämm-Maß im Holzbau“ veröffentlicht.

Der Probekörper wurde einerseits frei stehend in der Halle aufgebaut, um Rand- und Einbaueinflüsse des Prüfstandes auszuschließen, andererseits wurde die Längswand in den Längsleitungsprüfstand eingebaut. An beiden Einbausituationen wurden Schnellepegelmessungen durchgeführt.

### 5.1 Schnellepegelverlauf

Um einen Eindruck davon zu bekommen, wie sich die Schnellepegel auf den Wänden verteilen, wurden Messungen der Schnellepegel entlang der Wände durchgeführt. Die Anregung erfolgte mit Shaker einerseits und mit Luftschall andererseits, die Schnellepegel wurden mit Beschleunigungsaufnehmern gemessen.

#### 5.1.1 Vergleich von Weg 12 und Weg 13

In der Prüfhalle des ift wurde ein Anschluss der Innenwand mit getrennten Ständern (Wand 4) an die Außenwand (Wand 1), verschraubt mit 3 Schrauben  $12 \times 160$  mm, freistehend aufgebaut (Bild 14). Angeregt wurde mit dem Shaker, gemessen wurde in regelmäßigen Abständen, jeweils auf den Ständern und im Gefach. Die Bezeichnung der Wege erfolgt nach Bild 10.

Die Ergebnisse sind in Bild 23 und Bild 24 wiedergegeben. In die Diagramme ist der Schnellepegelverlauf bei 125 Hz (Raute), 500 Hz (Kreis), 2000 Hz (Dreieck) und, als fette Linie, der linear aufsummierte Schnellepegel  $L_{v,LIN}$  eingezeichnet. Die waagerechte Linie mit dem entsprechenden Symbol kennzeichnet den Grundgeräusch- oder Störpegel bei der entsprechenden Frequenz. Die senkrechte Linie mit schwarzem Punkt ist die Position des Shakers und die strichpunktierte Linie die Position der Trennwand. Zur Kennzeichnung sind ebenfalls die Kanten der Ständer eingezeichnet.

Die Messung in Bild 23 zeigt eine deutliche Pegelabnahme im Bereich des Stoßes zwischen Wand 1 und 4 um etwa 15 dB. Diese Pegelabnahme kennzeichnet die Stoßstellendämmung auf dem Weg 12. Über die Länge der Wand 4 nimmt der Pegel nur geringfügig ab.

Die Messung des Weges 13 in Bild 24 zeigt eine Pegelabnahme im Bereich des Stoßes zwischen Wand 1 und 4 um etwa 5 dB. Im Bereich nach dem Stoß mit Wand 4 nimmt der Pegel nicht ab. Die Stoßstellendämmung ist geringer als in Bild 23, da hier die Konstruktion durchgeht (Die Messung erfolgte auf der Wand 1).

Die Schnellepegel sind in beiden Bildern abhängig von der Positionierung der Aufnehmer, d. h. je nachdem, ob auf einem Ständer oder im Gefach zwischen den Ständern gemessen wurde.

### 5.1.2 Anregung mit Shaker und mit Luftschall

In Bild 25 und Bild 26 ist die Mess-Situation für die getrennte Außenwand, eingebaut in den Prüfstand, dargestellt. Die Wände sind stumpf aneinandergestellt und an drei Punkten miteinander verschraubt.

Verglichen wird der Schnellepegelverlauf mit Luftschall- und mit Shakeranregung. Der Pegel im Empfangsraum ist relativ konstant über die Breite der Wand. Der Pegel hängt mehr von der Position des Aufnehmers (auf dem Ständer oder im Gefach) als vom Abstand zur Stoßstelle ab.

Die Darstellungen zeigen eine sehr unterschiedliche Pegelabnahme im Bereich der Stoßstelle. Während bei der Shakeranregung der Schnellepegel bereits im Senderraum stark abfällt, ist der Schnellepegel bei Luftschallanregung konstant. Auffällig ist zudem, dass die Differenz an der Stoßstelle sehr unterschiedlich ausfällt. Bei Luftschallanregung liegt die Differenz bei etwa 25 dB, bei Shakeranregung nur etwa bei 10 bis 15 dB.

Das legt die Vermutung nahe, dass der Shaker nicht genügend Leistung hat, um die Pegelabnahme im Senderraum zu unterdrücken. In der Messung zu Bild 27 wurde daher in der Mitte der Senderraumwand angeregt. Hier zeigt sich eine Differenz zwischen Sende- und Empfangsraum, die im Bereich der Messung mit Luftschallanregung liegt.

## 5.2 Stoßstellendämmung

In Bild 28 bis Bild 32 sind Messbeispiele zur Messung des Stoßstellendämmmaßes wiedergegeben. Bild 28 und Bild 29 enthalten die Stoßstellendämmmaße für die Mess-Situation, wie sie bei der Darstellung der Schnellepegelverläufe in Bild 23 und Bild 24 aufgebaut war. Die Einzahlangabe der Stoßstellendämmung liegt etwas höher als aus den Schnellepegelverläufen abzulesen ist. Dies liegt daran, dass das Stoßstellendämmmaß aus Schnellepegeldifferenzen über der gesamten Fläche des Bauteils und nicht nur in der Nähe der Stoßstelle bestimmt wird, und somit die Schnellepegel im Senderaum, die in Shakerhöhe bestimmt werden, mit in die Mittelung der Schnellepegeldifferenzen eingehen.

Bild 30 und Bild 31 zeigen die gleiche Mess-Situation nur gemessen mit Shaker- und Luftschallanregung. Die Einzahlangaben weichen um 2 dB voneinander ab, wobei die Messung mit Luftschallanregung den niedrigeren Messwert ergibt. Das erklärt sich aus dem Umstand, dass bei Luftschallanregung die ganze Wand angeregt wird und somit über den Senderaum kein Pegelabfall auftritt, vgl. die Senderaumpegel in Bild 25 und Bild 26.

Bild 32 zeigt die gleiche Mess-Situation, wie sie zur Messung in Bild 25 bis Bild 27 aufgebaut war. Die Einzahlangabe von  $K_{13} = 24,5$  dB stimmt recht gut mit der Abschätzung aus Bild 26 (25 dB) überein.

## 5.3 Körperschallnachhallzeit

Die Körperschallnachhallzeit bzw. der damit verbundene Verlustfaktor ist eine wesentliche Kenngröße, um die akustischen Eigenschaften von massiven Bauteilen zu beschreiben, vgl. [8], [16], [18], [19], [24] und [25]. Die Fragestellung, wieweit diese Messgröße Einfluss auf die Schalldämmung von Holzständerwänden hat, wurde im Vorprojekt bearbeitet.

Ergebnis der Untersuchung ist, dass die Körperschallnachhallzeit bzw. der Verlustfaktor für die Schalldämmung und die Bestimmung der Stoßstellendämmung nicht berücksichtigt werden muss ([10], [29]).

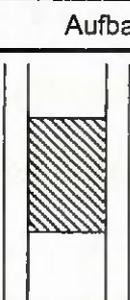
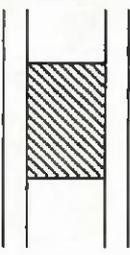
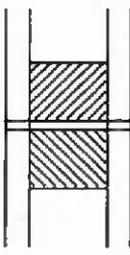
#### 5.4 Längsschalldämmung

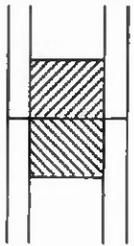
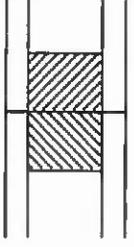
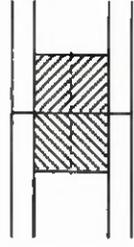
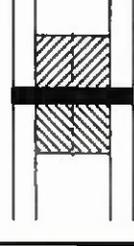
Nachfolgend werden die Ergebnisse der Messungen der Längsschalldämmung wiedergegeben. Gemessen wurden die durchgehende und getrennte Variante der Trennwand mit und ohne Anschluss an den Trennwandstummel (Wand 5) im Prüfstand.

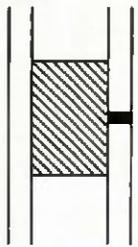
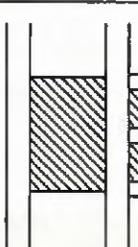
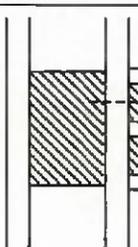
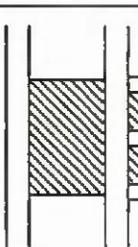
Die Messungen ohne Trennwandanschluss sind Messungen der Längsschalldämmung auf dem Weg 13 bzw. Ff. Die Messungen mit Anschluss an eine Trennwand sollen zeigen, wie weit der Anschluss, also die Stoßstelle, Einfluss auf die Flankenschalldämmung hat. Der Aufbau ist in Bild 2 dargestellt.

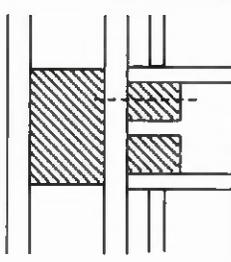
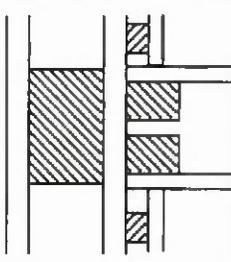
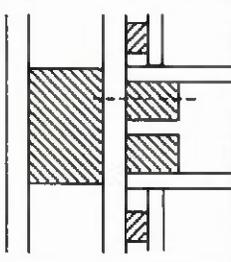
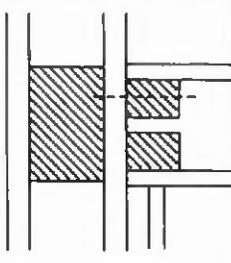
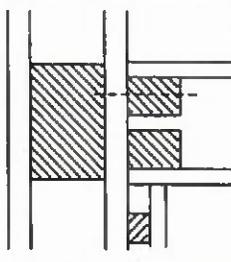
Auch Varianten mit elastischem Layer zwischen den Wänden und mit Vorsatzschalen sind durchgeführt worden. Die Messkurven sind in Bild 33 bis Bild 54 enthalten

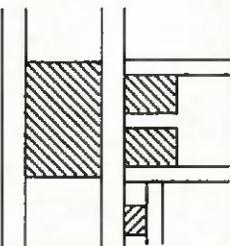
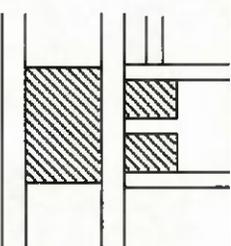
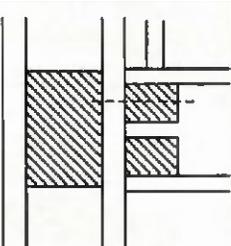
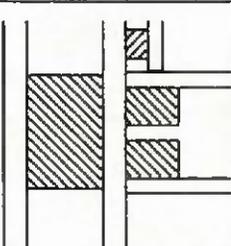
**Tabelle 1** Ergebnisse der Längsschallmessungen

Aufbau	Flanke	Anschluss	Verbindung	$D_{n,f,w} (C;C_{tr})$
	Wand 1 (Beplankung 19 mm OSB, Zellulosedämm- stoff, eingeblasen)	ohne Trennwand- stummel	-	53 (-1;-2) dB  (Bild 33)
	Wand 8 (Beplankung 12 mm OSB, Mineralfaser)	ohne Trennwand- stummel	-	53 (-1;-2) dB  (Bild 34)
	Wand 9 (Beplankung 12 mm OSB, Mineralfaser)	ohne Trennwand- stummel	Durchgehende Schwelle und Rähm	60 (-1;-5) dB  (Bild 35)

Aufbau	Flanke	Anschluss	Verbindung	$D_{n,f,w}$ (C;C <sub>tr</sub> )
	Wand 2 und Wand 3	ohne Trennwand- stummel	stumpf (nicht ver- schraubt)	68 (-2;-5) dB  (Bild 36)
	Wand 9, Schwelle und Rähm ge- trennt	ohne Trennwand- stummel	stumpf (nicht ver- schraubt)	67 (-3;-9) dB  (Bild 37)
	Wand 2 und Wand 3	ohne Trennwand- stummel	An 3 Punkten verschraubt, Schraubenformat 12×160 mm	61 (-1;-3) dB  (Bild 38)
	Wand 2 und Wand 3	ohne Trennwand- stummel	stumpf (nicht ver- schraubt), mit 8 mm elas- tischem Layer, Shore 45	66 (-2;-5) dB  (Bild 39)
	Wand 2 und Wand 3	ohne Trennwand- stummel	An 3 Punkten verschraubt, Schraubenformat 12×160 mm, mit 8 mm elas- tischem Layer, Shore 45	64 (-1;-4) dB  (Bild 40)

Aufbau	Flanke	Anschluss	Verbindung	$D_{n,f,w}$ (C;C <sub>tr</sub> )
	Wand 1, Innere Lage getrennt	ohne Trennwand- stummel	-	58 (-1;-5) dB  (Bild 41)
	Wand 1, Innere Lage getrennt, durch- gehende Vorsatz- schale auf Feder- schienen	ohne Trennwand- stummel	-	50 (-2;-3) dB  (Bild 42)
	Wand 1	Wand 5	stumpf (nicht ver- schraubt)	52 (-1;-2) dB  (Bild 43)
	Wand 1	Wand 5	An 3 Punkten verschraubt, Schraubenformat 12×160 mm	54 (-2;-4) dB  (Bild 44)
	Wand 1 mit Vorsatzschale auf Federschiene	Wand 5	stumpf (nicht ver- schraubt)	68 (-1;-7) dB  (Bild 45)

Aufbau	Flanke	Anschluss	Verbindung	$D_{n,f,w}$ (C;C <sub>tr</sub> )
	Wand 1 mit Vorsatzschale auf Federschienen	Wand 5	An 3 Punkten verschraubt, Schraubenformat 12×160 mm	68 (-2;-7) dB (Bild 46)
	Wand 1 mit Vorsatzschale auf Holzleisten	Wand 5	stumpf (nicht verschraubt)	68 (-2;-9) dB (Bild 47)
	Wand 1 mit Vorsatzschale auf Holzleisten	Wand 5	An 3 Punkten verschraubt, Schraubenformat 12×160 mm	67 (-2;-8) dB (Bild 48)
	Wand 1 mit einseitiger Vorsatzschale auf Federschienen (Vorsatzschale im Senderaum)	Wand 5	An 3 Punkten verschraubt, Schraubenformat 12×160 mm	66 (-2;-7) dB (Bild 49)
	Wand 1 mit einseitiger Vorsatzschale auf Holzleisten (Vorsatzschale im Senderaum)	Wand 5	An 3 Punkten verschraubt, Schraubenformat 12×160 mm	66 (-2;-7) dB (Bild 50)

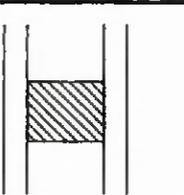
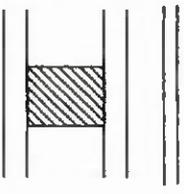
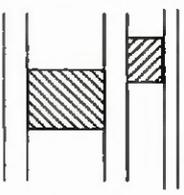
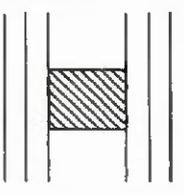
Aufbau	Flanke	Anschluss	Verbindung	$D_{n,f,w}$ (C;C <sub>tr</sub> )
	Wand 1 mit einseitiger Vorsatzschale auf Holzleisten (Vorsatzschale im Senderraum)	Wand 5	stumpf (nicht ver- schraubt)	65 (-2;-7) dB  (Bild 51)
	Wand 1 mit einseitiger Vorsatzschale auf Federschienen (Vorsatzschale im Empfangsraum)	Wand 5	stumpf (nicht ver- schraubt)	59 (-2;-5) dB  (Bild 52)
	Wand 1 mit einseitiger Vorsatzschale auf Federschienen (Vorsatzschale im Empfangsraum)	Wand 5	An 3 Punkten verschraubt, Schraubenformat 12×160 mm	59 (-2;-4) dB  (Bild 53)
	Wand 1 mit einseitiger Vorsatzschale auf Holzleisten (Vorsatzschale im Empfangsraum)	Wand 5	stumpf (nicht ver- schraubt)	58 (-2;-5) dB  (Bild 54)

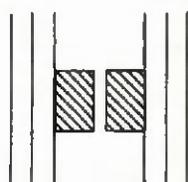
### 5.5 Luftschalldämmung im Labor

In der nachfolgenden Tabelle sind die ermittelten Luftschalldämm-Maße der verwendeten Wandtypen wiedergegeben. Weiterhin ist die Luftschalldämmung der eingesetzten Beplankungen enthalten, die für die Berechnung der Flankenschalldämmung angesetzt werden kann.

Die Messungen an den einzelnen Platten wurden an Proben in der Abmessung 1,23 m × 1,48m im Fensterprüfstand nach DIN EN ISO 140-1 durchgeführt. Das Ergebnis ist ebenfalls in der Tabelle wiedergegeben.

**Tabelle 2** Ergebnis der Luftschallmessungen im Labor

Aufbau	Wandtyp	$R_w$ (C;C <sub>tr</sub> )
 19 mm OSB, 160 mm Zellulose- dämmstoff, ein- geblasen 16 mm DWD	Außenwand (Wand 2)	41 (-1;-5) dB  (Bild 55)
 19 mm OSB, 160 mm Zellulose- dämmstoff, ein- geblasen 16 mm DWD 30 mm Mineralfaser 12,5 mm GF-Platte	Außenwand mit Vor- satzschale auf Feder- schienen (Wand 2)	54 (-6;-14) dB  (Bild 56)
 19 mm OSB, 160 mm Zellulose- dämmstoff, ein- geblasen 16 mm DWD 30 mm Mineralfaser 12,5 mm GF-Platte	Außenwand mit Vor- satzschale auf Holzleisten (Wand 2)	53 (-5;-13) dB  (Bild 57)
 10/12,5 mm GF- Platten 80 mm Zellulose- Plattendämmstoff 10/12,5 mm GF- Platten	Innenwand (Wand 6) mit einfachem Ständer	47 (-1;-4) dB  (Bild 58)

Aufbau	Wandtyp	$R_w (C;C_{tr})$	
 10/12,5 mm GF-Platten 170 mm Zellulose-Plattendämmstoff 10/12,5 mm GF-Platten	Innenwand (Wand 4) mit getrennten Ständern und durchgehender Schwelle und Rähm	54 (-2;-5) dB (Bild 59)	
 10/12,5 mm GF-Platten 170 mm Zellulose-Plattendämmstoff 10/12,5 mm GF-Platten	Innenwand (Wand 10) mit getrennten Ständern, Schwelle- und Rähm	63 (-2;-5) dB (Bild 60)	
OSB 12 mm	8,1 kg/m <sup>2</sup>	Beplankung	27 (-1;-2) dB (Bild 61)
OSB 19 mm	11,1 kg/m <sup>2</sup>	Beplankung	29 (-1;-2) dB (Bild 62)
GF 12,5 mm	14,6 kg/m <sup>2</sup>	Beplankung	33 (-1;-2) dB ( )

Die vergleichende Messung von Wand 4 und Wand 10 in Bild 59 und Bild 60 wurde durchgeführt, um einen Vergleich zur gemessenen Bausituation zu führen. Wand 4 war aus Transportgründen mit durchgehender Schwelle und Rähm ausgeführt, was am Bau nicht der Fall ist. Dadurch ist der Messwert am Bau höher als im Labor ausgefallen.

Zum Vergleich wurde eine vollständig getrennte Wand erstellt, die aus Transportgründen verschraubt war. Nach dem Einbau in den Prüfstand wurden die Transportschrauben entfernt, wobei zwei Schrauben abgerissen sind. Somit sind zwei Schallbrücken in der Messung von Wand 10 vorhanden.

Im Vergleich in Bild 68 werden beide Messungen mit dem Ergebnis aus dem Bauvorhaben verglichen. Es zeigt sich im gesamten Frequenzbereich eine deutliche Verbesserung der Schalldämmung im Labor durch die Trennung von Schwelle und Rähm. Im Frequenzbereich von 800 Hz bis 2000 Hz ist der Messwert am Bau höher als im Labor. Mögliche Ursachen sind die restlichen Schallbrücken bei den Laborwänden und der eingblasene Dämmstoff, der sich durch den Transport in der Verdichtung geändert haben kann.

## 5.6 Luftschalldämmung am Bau

Im Bauvorhaben „Burg Schwaneck“ wurden Baumessungen an Holzständerwänden durchgeführt, wie sie im Labor gemessen wurden. Die Konstruktion für die Baustelle wurde nach der Bestellung der Wände für das Labor abgeändert, so dass für einen direkten Vergleich eine Trennwand nachgebaut werden musste (Wand 10). Die Messungen werden in Bild 68 miteinander verglichen. Danach ist die Luftschalldämmung mit Nebenwegen am Bau um 3 dB niedriger als ohne Nebenwege im Labor. Das zeigt, dass es im Holzbau möglich ist, Wände mit hoher Schalldämmung zu realisieren.

Zum Vergleich wurden Ergebnisse von Messungen an den Decken aufgenommen, ohne dass ein direkter Vergleich mit Labormessungen durchgeführt werden kann.

**Tabelle 3** Ergebnis der Luftschalldämmungen am Bau

Wandtyp	Aufbau	$R'_w (C;C_{tr})$
Innenwand mit einfachem Ständer	Beplankung GF-Platten Hohlraumdämmung Zellulosedämmstoff, eingeblasen	50 (-2;-9) dB (Bild 64)
Innenwand mit getrennten Ständern	Beplankung GF-Platten Hohlraumdämmung Zellulosedämmstoff, eingeblasen	60 (-1;-6) dB (Bild 65)
Abgehängte Trenndecke mit schwimmendem Estrich	(im Verwaltungsgebäude)	68 (-2;-6) dB (Bild 66)
Trenndecke mit schwimmendem Estrich	(im Wohnhaus)	60 (-2;-5) dB (Bild 67)

Die Resonanzfrequenzen bilden sich in der gleichen Weise aus wie im Labor. Die Änderungen in der Konstruktion, vor allem die Trennung der Schwellen und Riegel und die größere Konstruktionstiefe, haben sich positiv auf die Luftschalldämmung ausgewirkt, insbesondere was die Wand mit getrennten Ständern betrifft. In Bild 17 und Bild 18 sind die Unterschiede in der Ständerausbildung dargestellt.

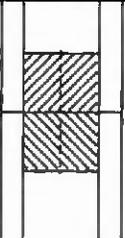
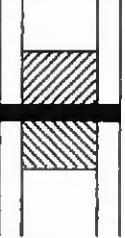
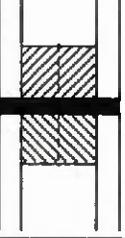
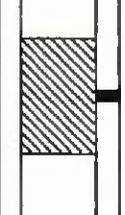
## 5.7 Längsschalldämmung und Stoßstellendämmung

Im Rahmen der Voruntersuchung [10] wurden verschiedene Verfahren untersucht, nach denen die Stoßstellendämmung ermittelt werden kann. Es hat sich dabei herausgestellt, dass die innere Beplankung der Holzständerwand maßgeblich an der Flankenschallübertragung beteiligt ist. Mit Kenntnis dieser Regel lässt sich die Stoßstellendämmung aus der gemessenen Flankenschalldämmung und der Schalldämmung der inneren Beplankung errechnen und mit den gemessenen Werten vergleichen.

Die in Tabelle 4 dargestellten Stoßstellendämm-Maße  $K_{13}$  sind aus der Längsschalldämmung und der Schalldämmung der inneren Schale (OSB) nach Gleichung (6) berechnet, wie in [10] beschrieben wurde. Die Berechnung erfolgte ohne Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit. Die in Klammern darunter stehenden Werte sind Messwerte, die mit Luftschallanregung im Längsleitungsprüfstand nach Gleichung (5) ermittelt worden sind. Ein Vergleich beider Stoßstellendämm-Maße ist im Anhang enthalten.

**Tabelle 4** Längsschalldämmung  $D_{n,f,w}$  und Stoßstellendämmung  $K_{13}$

Aufbau		Bemerkung	$D_{n,f,w}$ ( $C; C_{tr}$ )	$K_{13}$
	Wand 1	-	53 (-1;-2) dB	21 dB (17 dB) Bild 69
	Wand 8		53 (-1;-2) dB	22 dB
	Wand 2 und Wand 3	Stumpf anein- ander gestoßen	68 (-2;-5) dB	32 dB (32 dB) Bild 70

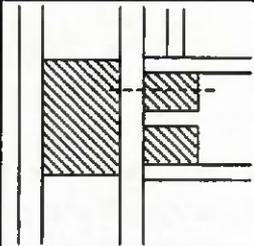
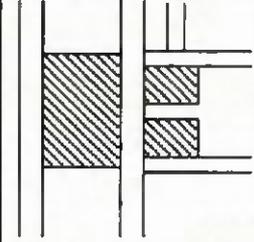
Aufbau		Bemerkung	$D_{n,f,w} (C;C_{tr})$	$K_{13}$
	Wand 2 und Wand 3	An 3 Punkten miteinander verschraubt	61 (-1;-3) dB	26 dB (25 dB) Bild 71
	Wand 2 und Wand 3	Stumpf aneinander gestoßen	66 (-2;-5) dB	30 dB (30 dB) Bild 72
	Wand 2 und Wand 3	An 3 Punkten miteinander verschraubt, mit elastischem Zwischenlayer	64 (-1;-4) dB	28 dB (28 dB) Bild 73
	Wand 1	Innere Beplankung getrennt	58 (-1;-5) dB	23 dB Bild 74

Im Gegensatz zur Längsschalldämmung auf dem Weg 13 ist die Flankenschalldämmung der Verzweigung auf dem Weg 12 schwieriger zu bestimmen. Die Stoßstellendämmung wurde auf dem Weg 12 direkt frei stehend gemessen, vgl. [10].

Um den Weg 12 mit Luftschallanregung zu bestimmen, müssen die anderen Wege so vorbereitet werden, dass sie keinen Einfluss auf die Messung haben. Vorsatzschalen sind dafür geeignete Maßnahmen. Bei den Untersuchungen mit Vorsatzschalen wurden teilweise Messungen durchgeführt, bei denen die Flankenwand im Empfangsraum mit einer Vorsatzschale abgedeckt war, vgl. Tabelle 1. In diesen Fällen wurde also der Weg 12 bzw. Fd gemessen.

Die in Tabelle 5 dargestellten Stoßstellendämm-Maße  $K_{12}$  sind aus der Längsschalldämmung und der Schalldämmung der inneren Schale (OSB bzw. Gipsfaserplatte) nach Gleichung (6) berechnet worden. Die in runden Klammern darunter stehenden Werte sind Messwerte, die mit Shakeranregung frei stehend nach Gleichung (5) ermittelt worden sind. Die Werte in eckigen Klammern sind Messwerte, die mit Luftschallanregung im Prüfstand und Messung nach Gleichung (5) ermittelt worden sind. Ein Vergleich der Stoßstellendämm-Maße ist im Anhang enthalten.

**Tabelle 5** Flankenschalldämmung  $D_{n,Fd,w}$  und Stoßstellendämmung  $K_{12}$

Aufbau	Bemerkung	$D_{n,Fd,w}$ (C;C <sub>v</sub> )	$K_{12}$
 Wand 1, Wand 5	Vorsatzschale im Empfangsraum auf Federschienen, Trennwand verschraubt	59 (-2;-4) dB	21 dB (21 dB) [21] Bild 75
 Wand 1, Wand 5	Vorsatzschale im Empfangsraum auf Federschienen, Trennwand stumpf gestoßen	59 (-2;-5) dB	21 dB [21] Bild 76

Der Vergleich der Mess- und Rechenwerte zeigt eine gute Übereinstimmung der beide Verfahren zur Ermittlung der Stoßstellendämmung (Messung und Berechnung).

## 6 Analyse der Untersuchungen

In diesem Kapitel werden die einzelnen Messungen analysiert, um aus den Untersuchungen Regelungen für die praktische Anwendung herzuleiten.

### 6.1 Vergleich von Konstruktionsdetails

Bei den Untersuchungen wurden Konstruktionsdetails variiert, um die Auswirkung auf die Längsschalldämmung zu untersuchen. Die Ergebnisse sollen nachfolgend diskutiert werden.

#### 6.1.1 Variation der Dämmung und Beplankung

Bild 77 zeigt den Vergleich der ähnlichen Bauweisen von Wand 1 und Wand 8. Der Unterschied besteht in einer anderen Dämmung (Zellulosedämmstoff, eingeblasen bzw. Mineralfaser) und einer anderen Beplankungsstärke (19 bzw. 12 mm OSB). Zusätzlich ist die Befestigung variiert; Wand 1 ist genagelt, Wand 8 geschraubt.

Unterschiede ergeben sich im Bereich der Koinzidenzfrequenz der Beplankung, die bei der dünneren Platte um 2 Terzen verschoben ist. In der Einzahlangabe ergibt sich keine Differenz in der Längsschalldämmung.

#### 6.1.2 Trennung der inneren Beplankung

Bild 78 zeigt den Vergleich einer durchgehenden und einer getrennten Beplankung im Bereich des Trennwandanschlusses. Die Messungen wurde an Wand 1 durchgeführt. Durch die Trennung erhöht sich die Längsschalldämmung im Bereich oberhalb von ca. 200 Hz. Bis 800 Hz beträgt die Verbesserung etwa 2 dB, oberhalb von 800 Hz erhöht sich die Längsschalldämmung bis zu 14 dB. Die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz erhöht sich um 5 dB.

Beide Messkurven zeigen den Resonanzeinbruch der Koinzidenzfrequenz der Beplankung (19 mm OSB), wobei sich eine Verschiebung der Resonanz um 1 Terz ergibt.

In Bild 79 sind die Längsschalldämm-Maße der baugleichen Wände 8 und 9 dargestellt. Der Unterschied besteht in der getrennten Beplankung und den getrennten Ständern im Bereich des Trennwandanschlusses. Im Vergleich zeigt sich eine ähnliche Verbesserung wie bei der Trennung der inneren Beplankung. Die Längsschalldämmung erhöht sich in diesem Fall durch die getrennte Ausführung bei hohen Frequenzen um bis zu 20 dB, die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz erhöht sich um 7 dB. Der Resonanzeinbruch der Beplankung verschiebt sich zu tiefen Frequenzen hin.

Da die Veränderung bei beiden Systemen vergleichbar ist, kann daraus geschlossen werden, dass mit Trennung der inneren Beplankung eine wesentliche Verbesserung durchgeführt worden ist. Die Trennung der Ständer hat keine weitere Verbesserung der Flankenschalldämmung erzielt, da durch die Verbindung mit der durchgehenden Schwelle und dem Rähm eine massive Schallbrücke in der Konstruktion vorhanden ist.

### 6.1.3 Durchgehende und getrennte Außenwand

Bild 80 zeigt den Vergleich der durchgehenden und der getrennten Außenwand. Die Längsschalldämmung erhöht sich im Bereich oberhalb der Doppelwandresonanz bei ca. 63 Hz, die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz erhöht sich um 15 dB.

Durch die mechanische Verbindung der getrennten Außenwände wird die Längsschallübertragung, verglichen mit der vollständig getrennten Ausführung, um 7 dB verringert. Die Verbesserung im Vergleich zur durchgehenden Außenwand beträgt in diesem Fall 8 dB.

Aus statischen Gründen ist eine mechanische Verbindung zwischen den Wänden erforderlich. Damit ist die Verbesserung, die durch eine vollständige Trennung der Bauteile möglich ist, in der Baupraxis nur zum Teil zu erreichen.

### 6.1.4 Verbund mit elastischer Zwischenlage

In Bild 81 ist ein vergleichbarer Aufbau wie unter 6.1.3 dargestellt mit dem Unterschied, dass zwischen den getrennten Wänden eine elastische Zwischenlage eingesetzt worden ist. Durch die elastische Zwischenlage kann danach die Trennung mit mechanischem Verbund um 3 dB verbessert wer-

den, wenn die getrennten Wände miteinander verschraubt werden. Die Differenz der beiden Aufbauten, verschraubt mit und ohne elastischer Zwischenlage, ist in Bild 82 dargestellt

Im Bereich des Bauteilstoßes von Außenwänden ist eine elastische Zwischenlage also eine Möglichkeit, die Verbesserung, die durch eine vollständige Trennung erreicht werden kann, mit geringen Verlusten in die Praxis umzusetzen.

### 6.1.5 Getrennte Wand, Schwelle und Rähm

In Bild 83 ist die Auswirkung der Wand mit durchgehender Schwelle und Rähm und getrennter Beplankung dargestellt (Wand 9). Beim Vergleich der Messkurven ist zu beachten, dass die innere Beplankung dünner ist (12 mm OSB anstelle 19 mm OSB) und damit die Koinzidenzfrequenz der Beplankung verschoben ist (vgl. auch Bild 79). Bei der 19 mm OSB-Platte liegt die Resonanz bei ca. 1600 Hz, bei der 12 mm OSB-Platte bei ca. 2000 Hz.

Unter Berücksichtigung dieser Abweichung ist die Messung von Wand 9 mit der Messung mit getrennter Beplankung vergleichbar. Im Bereich der Koinzidenzfrequenz weichen die Messkurven voneinander ab. Oberhalb und unterhalb der Resonanzeinbrüche sind die Messkurven gut miteinander vergleichbar. Aus dieser Analyse kann geschlossen werden, dass die Trennung der inneren Beplankung die wesentliche Maßnahme bei Wand 9 ist im Vergleich zu Wand 8. Die Trennung der beiden Ständer trägt nicht zur Verbesserung der Längsschalldämmung bei; da die durchgehende Schwelle und das Rähm Schallbrücken darstellen.

## 6.2 Innere Beplankung

Die innere Beplankung der Holzständerwand ist für die Flankenschalldämmung von wesentlicher Bedeutung. Dies geht aus den Voruntersuchungen zu diesem Projekt wie auch aus der Literatur klar hervor [1], [2], [4], [6], [7], [10], [12], [27].

In Bild 84 und Bild 85 ist ein Vergleich der Luftschalldämmung der inneren Beplankung und der Längsschalldämmung der Außenwand dargestellt. Die

Grafiken zeigen, dass die beiden Messkurven einen sehr ähnlichen Verlauf haben mit dem Unterschied, dass sie um ca. 25 dB parallel verschoben sind. Die Zahlenwerte entsprechen in der Größenordnung den Stoßstellendämmmaßen nach Tabelle 4. Der Resonanzeinbruch bei der Längsschalldämmung bei ca. 2000 Hz bzw. 2500 Hz ergibt sich durch die Koinzidenzgrenzfrequenz der Beplankung. Das belegt den Einfluss der Beplankung auf die Längsschalldämmung.

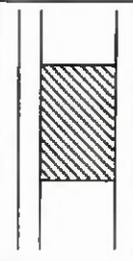
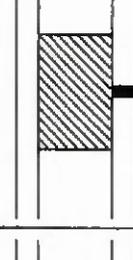
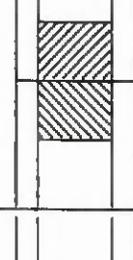
Die Flankenschalldämmung kann durch eine doppelte Beplankung und eine Trennung der Beplankung im Bereich des Trennwandanschlusses verbessert werden. Die Untersuchung der doppelten Beplankung wurde nach dem Literaturstudium nicht in das Untersuchungsprogramm aufgenommen, da die Auswirkung auf die Längsschalldämmung bereits mehrfach untersucht worden ist.

Folgende Regeln für die Wahl der Beplankung können nach der Literaturlauswertung bereits festgehalten werden:

- Die innere Beplankung ist für die Längsschalldämmung von großer Bedeutung. Je höher die Schalldämmung der Beplankung ist, desto höher ist die Längsschalldämmung.
- Durch Unterbrechung der Beplankung im Bereich des Trennwandanschlusses erhöht sich die Längsschalldämmung  $D_{n,f,w}$  um 3 bis 5 dB
- Eine doppelte Beplankung erhöht die Längsschalldämmung  $D_{n,f,w}$  um 3 bis 4 dB

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über Messwerte von Holzständerwänden, wie sie in verschiedenen Quellen enthalten sind.

**Tabelle 6** Vergleich der Längsschalldämmung aus verschiedenen Quellen

Aufbau	Beschreibung	DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 33	Tabelle 1 (Werte ift)
		$R_{L,w,R}$	$D_{n,f,w} (C;C_{tr})$
	Einfach beplankt mit Dämmung im Gefach	50 dB	53 (-1;-2) dB
	Doppelt beplankt mit Dämmung im Gefach	54 dB	—
	Einfach beplankt, Beplankung getrennt	54 dB	58 (-1;-5) dB
	Einfach beplankt, kein Kontakt zwi- schen beiden Wänden	62 dB	68 (-2;-5) dB
	Einfach beplankt	54 dB	61 (-1;-3) dB

Der Vergleich der Messwerte zeigt, dass im Holzbau, auch unter Berücksichtigung eines Vorhaltemaßes, höhere Längsschalldämm-Maße erreicht werden können, als sie nach DIN 4109, Beiblatt 1, zu erwarten sind. Somit ist zu erwarten, dass im Holzbau Gebäude mit hoher Schalldämmung realisiert werden können, d. h. die Längsschalldämmung im Holzbau kann zu einer hohen resultierenden Schalldämmung führen. Die Messungen in dem Bauvorhaben „Burg Schwaneck“ belegen dieses Ergebnis.

### 6.3 Vorsatzschalen

Vorsatzschalen sind eine wichtige Maßnahme, um die Luftschalldämmung von Bauteilen zu erhöhen. Auch im Holzbau werden Vorsatzschalen verwendet, zum einen, um die Schalldämmung zu erhöhen, zum anderen, um eine Installationsebene für die Haustechnik (Heizung, Strom) zu bekommen.

Für die Luftschalldämmung der Bauteile wird in der Planung ein Verbesserungsmaß durch Vorsatzschalen verwendet ( $\Delta R$ ). Nach den Gleichungen (13) und (14) wird das Verbesserungsmaß für die Berechnung nach DIN EN 12354-1 ermittelt und zur Berechnung, z. B. in Gleichung (12) verwendet.

Für die beiden Vorsatzschalen-Typen wurde das Verbesserungsmaß sowohl für die Luftschalldämmung (im Wandprüfstand) wie auch für die Flankenschalldämmung (im Längsleitungsprüfstand) bestimmt. Bei der Flankenschalldämmung wurde ein einseitiges und beidseitiges Verbesserungsmaß bestimmt. In Tabelle 7 sind die bewerteten Luftschallverbesserungsmaße eingetragen; da die Ergebnisse der Längsschallmessung bei beidseitiger Vorsatzschale im Bereich der Maximaldämmung des Prüfstandes liegen.

**Tabelle 7** Luftschallverbesserungsmaße der untersuchten Systeme

Verbesserungsmaß	Luftschallverbesserung bei Transmissionsdämmung $\Delta R_w$	Luftschallverbesserung bei Flankenschalldämmung " $\Delta D_{n,f,w}$ "
Vorsatzschale mit Feder-schienen	13 (Bild 86)	13 (Bild 88)
Vorsatzschale mit Holz-leisten	12 (Bild 87)	13 (Bild 89)

Die Ergebnisse der Messungen im Wandprüfstand sind in Bild 86 und Bild 87 enthalten; die Messung der Hauptwand ohne Vorsatzschale ist in Bild 55, mit Vorsatzschale in Bild 56 und Bild 57 dargestellt.

Die Verbesserung der Luftschalldämmung durch die Vorsatzschalen mit den Federschienen ist oberhalb von ca. 200 Hz um bis zu 10 dB größer als bei der Variante mit den Holzleisten; da der Doppelwand-Resonanzeinbruch jedoch die Lage der Bewertungskurve bestimmt, wirkt sich die Verbesserung der Luftschalldämmung durch die Federschienen praktisch nicht auf das bewertete Schalldämm-Maß bzw. die Spektrum-Anpassungswerte aus.

Die Ergebnisse der Messungen im Längsleitungsprüfstand sind in Bild 88 und Bild 89 enthalten; die Messung der Hauptwand ohne Vorsatzschale ist in Bild 33, mit Vorsatzschale in Bild 46, Bild 48, Bild 49 und Bild 50 dargestellt.

Bei dieser Darstellung ist zu beachten, dass die Messungen mit Vorsatzschale im Bereich der Maximaldämmung des Prüfstandes liegen und somit eine zahlenmäßige Beurteilung nur eingeschränkt möglich ist. Es können folgende Punkte als Ergebnis der Untersuchungen festgehalten werden:

- Die Verschlechterung der Schalldämmung im Bereich der Doppelschalenresonanz zwischen 50 Hz und 100 Hz, wie sie bei der Messung im Wandprüfstand aufgetreten ist, ergibt sich bei Längsleitungsmessungen nicht. Der Frequenzverlauf des Verbesserungsmaßes bei Flankenschallübertragung weicht also von dem Frequenzverlauf bei der Transmissionsdämmung ab.
- Der gemessene Frequenzverlauf des Verbesserungsmaßes bei den Vorsatzschalen mit Holzleisten und Federschienen in Bild 88 und Bild 89 ist vergleichbar; dies ist jedoch darauf zurückzuführen, dass die Messungen im Bereich der Maximaldämmung des Prüfstandes erfolgt sind.
- Die Messungen zeigen eine Verbesserung der Längsschalldämmung durch die zweite Vorsatzschale oberhalb von ca. 500 Hz. Die zweite Vorsatzschale verbessert also die Schalldämmung, weitere Aussagen sind aus diesen Messungen nicht herzuleiten, da die Messungen im Bereich der Maximaldämmung des Prüfstandes durchgeführt wurden.
- Das gemessene Luftschallverbesserungsmaß durch die Vorsatzschalen bei Flankenschallübertragung ist in der Einzahlangabe mit der Luftschallverbesserung bei Transmission vergleichbar; da sich jedoch der Frequenzverlauf, insbesondere im Bereich der Tonpilzresonanz, unterscheidet und die Messungen im Längsleitungsprüfstand im Bereich der Maxi-

maldämmung erfolgt sind, kann davon ausgegangen werden, dass die Luftschallverbesserung im Längsleitungsprüfstand höher ist als bei der Transmission.

Verbesserungsmaße für die Luftschalldämmung von Bauteilen lassen sich also nicht direkt auf die Längsschalldämmung übertragen. Insbesondere scheint die Tonpilzresonanz der Holzständerwand nicht den Einfluss auf die Längsschalldämmung wie auf die Transmissionsschalldämmung zu haben. Also muss die Verbesserung durch Vorsatzschalen bei der Betrachtung der Flankenschallübertragung gesondert betrachtet werden, z. B. als *Längsschallverbesserungsmaß*  $\Delta D_{n,f}$ .

Dieses Ergebnis bestärkt die Aussage, dass die Längsschallübertragung über die innere Beplankung erfolgt, da die für die Transmissionsdämmung wichtige Tonpilzresonanz der zweischaligen Wand bei der Längsschallübertragung nicht in dem Maße Einfluss auf das Messergebnis hat.

#### 6.4 Tiefe Frequenzen

Tiefe Frequenzen im Bereich unter 100 Hz sind häufig Ursache für Beschwerden von Bewohnern, insbesondere dann, wenn der Raum zum Dröhnen angeregt wird. Dieses Verhalten ist in der letzten Zeit insbesondere bei Trittschallanregung diskutiert worden; jedoch auch eine zu geringe Luftschalldämmung bei tiefen Frequenzen kann zu Beschwerden führen.

Die Messungen der Luftschalldämmung der untersuchten Holzständerwände zeigen dieses Problem auf. Das bewertete Schalldämm-Maß beträgt bei der Außenwand 41 dB, bei den Innenwänden 47 dB bzw. 54 dB. Im Bereich unter 100 Hz beträgt die Schalldämmung in allen Fällen etwa 20 dB (Bereich der Doppelschalenresonanz).

Besonders stark ist die geringe Schalldämmung bei tiefen Frequenzen bei den Wänden mit Vorsatzschale, siehe Kapitel 6.3, Bild 56 und Bild 57. Das bewertete Schalldämm-Maß beträgt 53 dB bzw. 54 dB; im Bereich der Doppelschalenresonanz bei 63 Hz verringert sich die Schalldämmung; das Schalldämm-Maß beträgt nur ca. 15 dB. Deutlich wird der Einfluss bei Betrachtung der Spektrum-Anpassungswerte C und  $C_T$ :

**Tabelle 8** Luftschalldämmung der gemessenen Holzständerbauteile bei tiefen Frequenzen

Bauteil	Messkurve	$R_w$ dB	$C;C_{tr}$ $C_{50-5000};C_{tr,50-5000}$ dB	$R_w+C$ $R_w+C_{50-5000}$ dB	$R_w+C_{tr}$ $R_w+C_{tr,50-5000}$ dB
Außenwand	Bild 55	41	-1;-5 0;-4	40 41	36 37
Außenwand mit Vorsatzschale auf Federschielen	Bild 56	54	-6;-14 -9;-22	48 45	40 32
Außenwand mit Vorsatzschale auf Holzleisten	Bild 57	53	-5;-13 -6;-18	48 47	40 35
Innenwand mit einfachem Ständer	Bild 58	47	-1;-4 -2;-9	46 45	43 38
Innenwand mit getrenntem Ständer	Bild 59	54	-2;-5 -3;-13	52 51	49 41
Innenwand am Bau	Bild 64	50	-2;-9 -6;-18	48 44	41 32
Innenwand am Bau	Bild 65	60	-1;-6 -3;-16	59 54	57 44
Trenndecke am Bau	Bild 66	68	-2;-6 -4;-16	66 64	62 52
Trenndecke am Bau	Bild 67	60	-2;-5 -4;-16	58 56	55 44

Die Bilder in der Anlage und die Angaben in der Tabelle zeigen deutlich die Auswirkungen der zweischaligen Bauweise bei tiefen Frequenzen, insbesondere im Bereich unter 100 Hz. In den Bereichen, in denen tieffrequente Anteile im Anregungsspektrum dominant sind, haben Holzständerwände und -decken demnach eine geringe Schalldämmung.

Aus Tabelle 8 kann abgeleitet werden, dass bei Anregung durch z. B. Straßenverkehrslärm (bei Außenbauteilen) oder Discomusik (Innen- und Außenbauteile) die zweischalige Holzständerbauweise Schwachpunkte aufweist.

Für Anregespektren mit mittel- und hochfrequenten Geräuschanteilen, z.B. Autobahnverkehr, Schienenverkehr (bei Außenbauteilen) und bei Wohnaktivitäten wie Sprache, Radiomusik usw. (bei Innenbauteilen) können Bauteile mit einer hohen Schalldämmung hergestellt werden.

## 6.5 Schallübertragungswege

Die Beurteilung der Schallübertragungswege ist ein zentraler Punkt bei der Bewertung der Nebenwege (Flankenschallübertragung) im Holzbau. Aus diesem Grund wird eine messtechnische und rechnerische Bewertung der Übertragungswege vorgenommen. Eine rechnerische Bewertung wurde bereits in den Voruntersuchungen zum Projekt durchgeführt; neue Erkenntnisse über die einzelnen Übertragungswege machen jedoch eine Überarbeitung der Berechnung erforderlich [10].

### 6.5.1 Messtechnische Bewertung

Im Rahmen dieses Projektes wurden Messungen der Längsschalldämmung wie der Flankenschalldämmung auf dem Weg 12 durchgeführt, vgl. Bild 11. Der Vergleich beider Übertragungswege ist in den Bildern Bild 90 und Bild 91 dargestellt.

Der dort dargestellte Weg 13 ist die Flankenschalldämmung der Außenwand, gemessen ohne Trennwandanschluss. Der Einbau in den Prüfstand erfolgte nach Bild 2, obere Darstellung.

Der Weg 12 wurde gemessen mit Trennwandanschluss und Vorsatzschale vor der Außenwand im Empfangsraum. Nach Entfernen der Vorsatzschale wurde die Kombination aus Weg 12 und Weg 13 messtechnisch bestimmt. Der Einbau in den Prüfstand erfolgte nach Bild 2, untere Darstellung.

In Bild 90 sind Messungen mit dem Trennwandanschluss stumpf, d. h. ohne Verschraubung, dargestellt. Die Summe aus beiden Messungen (Wege 12 und 13) ist an der Messkurve deutlich zu erkennen. Unterhalb von 1000 Hz sind die Messwerte vergleichbar; die Summe der Einzelübertragungswege ergibt eine um etwa 3 dB geringere resultierende Flankenschalldämmung. Oberhalb von 1000 Hz bestimmt die Koinzidenzfrequenz der Beplankung der Außenwand die resultierende Flankenschalldämmung.

In Bild 91 sind Messungen mit dem verschraubten Trennwandanschluss dargestellt. Unterhalb von 1000 Hz überlagern sich die Einzelwerte analog zur Flankenschalldämmung. Durch die Verschraubung der Trennwand wird die Längsschallübertragung auf der Außenwand vermindert, so dass die resultierende Flankenschalldämmung im Bereich der Koinzidenzfrequenz (oberhalb 1000 Hz) höher ist als die Längsschalldämmung der Außenwand.

Die Messungen zeigen, dass die Art der Anschlussausbildung Einfluss auf die resultierende Flankenschalldämmung hat. Im Beispiel beträgt die Differenz der Flankenschalldämmung zwischen stumpf gestoßener und verschraubter Trennwand 2 dB.

### 6.5.2 Rechnerische Bewertung

Die Ankoppelung der Trennwand an die Außenwand, d. h. der Weg 12, ist eine wesentliche Einflussgröße auf die Schallübertragung im Allgemeinen, vgl. Übertragungswege in Bild 10.

Untersuchungen an Glasfassaden in [22] und [23] haben gezeigt, dass der Übertragungsweg 12 bzw. Df oder Fd bei der Beurteilung der Flankenschalldämmung der Glasfassade keine Rolle spielt.

Die folgenden Berechnungsbeispiele zeigen anhand der geprüften Anschlusssituationen den Einfluss, den der Übertragungsweg 12 bei Holzständerwänden auf die resultierende Schalldämmung zwischen zwei Räumen hat. Gestützt auf Tabelle 4 und Tabelle 5 wird das Stoßstellendämm-Maß auf dem Weg 12 mit  $K_{12} \geq 20$  dB abgeschätzt. Diese Abschätzung unterscheidet sich aufgrund der neuerlichen Bewertung in Tabelle 5 von der Annahme in [10] von 15 dB.

Die Berechnung der Schalldämmung  $R'_w$  eines trennenden Bauteils mit Berücksichtigung der Flanken erfolgt nach [8], vereinfachtes Modell (simplified model), mit Gleichung (11). Für die Betrachtung der einzelnen Flanke „Holzständerwand“ gilt:

$$R'_w = -10 \cdot \lg \left( 10^{\frac{R_{Dd,w}}{10}} + 10^{\frac{R_{Ff,w}}{10}} + 10^{\frac{R_{Df,w}}{10}} + 10^{\frac{R_{Fd,w}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (15)$$

bzw. ohne Betrachtung der Wege Df, Fd:

$$R'_w = -10 \cdot \lg \left( 10^{\frac{R_{Dd,w}}{10}} + 10^{\frac{R_{Ff,w}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (16)$$

Nach Gleichung (12) im vereinfachten Modell mit den bewerteten Schalldämm-Maßen  $R_w$  können die einzelnen Wege ij, also Dd, Ff, Fd und Df aus Bild 10 bzw. Bild 11, wie folgt berechnet werden [8]:

$$R_{Dd,w} = R_{S,w} + \Delta R_{Dd,w} \text{ dB} \quad (17)$$

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \cdot \lg \left( \frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) \text{ dB} \quad (18)$$

$$R_{Fd,w} = \frac{R_{F,w} + R_{d,w}}{2} + \Delta R_{Fd,w} + K_{Fd} + 10 \cdot \lg \left( \frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) \text{ dB} \quad (19)$$

$$R_{Df,w} = \frac{R_{D,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Df,w} + K_{Df} + 10 \cdot \lg \left( \frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) \text{ dB} \quad (20)$$

Die Verbesserungsmaße von Vorsatzschalen, angewendet auf das vereinfachte Rechenmodell [8], berechnen sich nach Gleichung (13) und (14).

Für die rechnerische Bewertung in den Beispielen zwischen zwei benachbarten Räumen wurden nachstehende Annahmen getroffen:

$$1.) \quad K_{Ff} = 17 \text{ dB}$$

*Anmerkung zu  $K_{Ff}$ :*

Dieser Wert für  $K_{Ff}$  dient zur Durchführung der rechnerischen Betrachtungen und wurde gewählt für die Flankenwand mit durchgehender Beplankung nach Tabelle 4. Er ist nicht Gegenstand der hier durchgeführten Bewertung.

$$2.) \quad K_{Fd} = K_{Df} = 20 \text{ dB}$$

3.) Für eine fiktive Bausituation wurde  $S_s = 15 \text{ m}^2$  (Fläche der Trennwand) und  $l_f = 3 \text{ m}$  (gemeinsame Kantenlänge zur Flankenwand) angenommen.

$$\text{Somit gilt: } 10 \cdot \lg \left( \frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) = 7 \text{ dB}$$

Setzt man die Annahmen in die Gleichungen (17) bis (20) ein, so ergibt sich

$$R_{Dd,w} = R_{S,w} + \Delta R_{Dd,w} \quad \text{dB}$$

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + 24 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{R_{F,w} + R_{d,w}}{2} + \Delta R_{Fd,w} + 27 \text{ dB}$$

$$R_{Df,w} = \frac{R_{D,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Df,w} + 27 \text{ dB}$$

Diese Beziehungen werden in den folgenden Beispielen verwendet.

### Beispiel 1

Die Trennwand mit einfachen Ständern (Wand 6) stößt an die Außenwand mit durchgehender innerer Beplankung (Wand 1).

*Annahmen:*

Schalldämmung des trennenden Bauteils	$R_{S,w}$	= 47 dB
Schalldämmung der doppelten Beplankung der Trennwand (entsprechend Wand 6)	$R_{D,w} = R_{d,w}$	= 36 dB
Schalldämmung der inneren Beplankung der Flankenwand (entsprechend Wand 1)	$R_{F,w} = R_{f,w}$	= 29 dB
Keine Vorsatzschalen, d. h. $\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{Ff,w} = \Delta R_{Fd,w} = \Delta R_{Df,w}$		= 0 dB

Dann sind

$$R_{Dd,w} = 47 + 0 = 47 \text{ dB}$$

$$R_{Ff,w} = \frac{29 + 29}{2} + 0 + 24 = 53 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{29 + 36}{2} + 0 + 27 = 59,5 \text{ dB}$$

$$R_{Df,w} = \frac{36 + 29}{2} + 0 + 27 = 59,5 \text{ dB}$$

und somit

$$R'_{w} = -10 \cdot \log \left( 10^{\frac{47}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} + 10^{\frac{59,5}{10}} + 10^{\frac{59,5}{10}} \right) = 45,7 \text{ dB}$$

Ohne Betrachtung der Wege Df und Fd ergibt sich:

$$R'_{w} = -10 \cdot \log \left( 10^{\frac{47}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} \right) = 46,0 \text{ dB}$$

*Ergebnis:*

Werden bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung die Wege Df und Fd weggelassen, so beträgt der Fehler 0,3 dB. Die Anteile der Wege Df und Fd an der Schallübertragung sind demnach vernachlässigbar.

## Beispiel 2

Die Trennwand mit getrennten Ständern (Wand 4) stößt an die Außenwand mit durchgehender innerer Beplankung (Wand 1).

*Annahmen:*

Schalldämmung des trennenden Bauteils  $R_{S,w}$  = 54 dB

Schalldämmung der doppelten Beplankung der Trennwand  
(entsprechend Wand 6)  $R_{D,w} = R_{d,w}$  = 36 dB

Schalldämmung der inneren Beplankung der Flankenwand  
(entsprechend Wand 1)  $R_{F,w} = R_{f,w}$  = 29 dB

Keine Vorsatzschalen, d. h.  $\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{Ff,w} = \Delta R_{Fd,w} = \Delta R_{Df,w}$  = 0 dB

Dann sind

$$R_{Dd,w} = 54 + 0 = 54 \text{ dB}$$

$$R_{Ff,w} = \frac{29 + 29}{2} + 0 + 24 = 53 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{29 + 36}{2} + 0 + 27 = 59,5 \text{ dB}$$

$$R_{Df,w} = \frac{36 + 29}{2} + 0 + 27 = 59,5 \text{ dB}$$

und somit

$$R'_w = -10 \cdot \log \left( 10^{\frac{54}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} + 10^{\frac{59,5}{10}} + 10^{\frac{59,5}{10}} \right) = 49,5 \text{ dB}$$

bzw. ohne Betrachtung der Wege Df und Fd

$$R'_w = -10 \cdot \log \left( 10^{\frac{54}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} \right) = 50,5 \text{ dB}$$

*Ergebnis:*

Werden bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung die Wege Df und Fd weggelassen, so beträgt der Fehler 1,0 dB. Die Anteile der Wege Df und Fd an der Schallübertragung sind also trotz der hohen Stoßstellendämmung nicht vernachlässigbar. Das gilt ebenso für den Weg Ff, denn durch die Längsschallübertragung wird das resultierende Schalldämm-Maß  $R'_w$ , verglichen mit der Luftschalldämmung  $R_{S,w}$  des trennenden Bauteils, um insgesamt 4,5 dB vermindert.

### Beispiel 3:

Die Trennwand mit getrennten Ständern (Wand 4) stößt wie in Beispiel 2 an die Außenwand mit durchgehender innerer Beplankung (Wand 1). Zur Verbesserung der Längsschalldämmung sind an der Außenwand beidseitig Vorsatzschalen montiert.

*Annahmen:*

Schalldämmung des trennenden Bauteils	$R_{S,w}$	= 54 dB
Schalldämmung der doppelten Beplankung der Trennwand (entsprechend Wand 6)	$R_{D,w} = R_{d,w}$	= 36 dB
Schalldämmung der inneren Beplankung der Flankenwand (entsprechend Wand 1)	$R_{F,w} = R_{f,w}$	= 29 dB
Verbesserungsmaß der Vorsatzschalen	$\Delta R_w$	= 13 dB

Die Annahme zum Verbesserungsmaß wurde nach Tabelle 7 getroffen.

Dann sind

$$R_{Dd,w} = 54 + 0 = 54 \text{ dB}$$

$$R_{Ff,w} = \frac{29 + 29}{2} + 13 + \frac{13}{2} + 24 = 72,5 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{29 + 36}{2} + 13 + 27 = 72,5 \text{ dB}$$

$$R_{Df,w} = \frac{36 + 29}{2} + 13 + 27 = 72,5 \text{ dB}$$

und somit

$$R'_{w} = -10 \cdot \log \left( 10^{\frac{54}{10}} + 10^{\frac{72,5}{10}} + 10^{\frac{72,5}{10}} + 10^{\frac{72,5}{10}} \right) = 53,8 \text{ dB}$$

bzw. ohne Betrachtung der Wege Df und Fd

$$R'_{w} = -10 \cdot \log \left( 10^{\frac{54}{10}} + 10^{\frac{72,5}{10}} \right) = 53,9 \text{ dB}$$

*Ergebnis:*

Werden bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung die Wege Df und Fd weggelassen, so beträgt der Fehler 0,1 dB. Die Anteile der Wege Df und Fd an der Schallübertragung sind also mit Vorsatzschale vernachlässigbar. Durch die Vorsatzschalen wird die Flankenschalldämmung soweit unterdrückt, dass die rechnerisch bestimmte resultierende Schalldämmung lediglich um 0,2 dB unterhalb der Schalldämmung  $R_{S,w}$  der Trennwand liegt.

#### Beispiel 4:

Die Trennwand mit getrennten Ständern (Wand 4) stößt wie in Beispiel 2 an die Außenwand mit durchgehender innerer Beplankung (Wand 1). Zur Verbesserung der Schalldämmung ist an der Trennwand einseitig im Empfangsraum eine Vorsatzschale montiert.

*Annahmen:*

Schalldämmung des trennenden Bauteils	$R_{S,w}$	= 54 dB
Schalldämmung der doppelten Beplankung der Trennwand (entsprechend Wand 6)	$R_{D,w} = R_{d,w}$	= 36 dB

Schalldämmung der inneren Beplankung der Flankenwand  
(entsprechend Wand 1)

$$R_{F,w} = R_{f,w} = 29 \text{ dB}$$

Verbesserungsmaß der Vorsatzschalen

$$\Delta R_w = 13 \text{ dB}$$

Dann sind

$$R_{Dd,w} = 54 + 13 = 67 \text{ dB}$$

$$R_{Ff,w} = \frac{29 + 29}{2} + 0 + 24 = 53 \text{ dB}$$

$$R_{Fd,w} = \frac{29 + 36}{2} + 13 + 27 = 72,5 \text{ dB}$$

$$R_{Df,w} = \frac{36 + 29}{2} + 0 + 27 = 59,5 \text{ dB}$$

und somit

$$R'_w = -10 \cdot \log \left( 10^{\frac{67}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} + 10^{\frac{72,5}{10}} + 10^{\frac{59,5}{10}} \right) = 51,9 \text{ dB}$$

bzw. ohne Betrachtung der Wege Df und Fd

$$R'_w = -10 \cdot \log \left( 10^{\frac{67}{10}} + 10^{\frac{53}{10}} \right) = 52,8 \text{ dB}$$

*Ergebnis:*

Die Flankenschalldämmung auf dem Weg Ff ist für die resultierende Schallübertragung zwischen den Räumen dominierend, so dass die Vorsatzschale kaum eine Auswirkung auf das resultierende Schalldämm-Maß hat. Da die Vorsatzschale im Empfangsraum auf der Trennwand montiert ist, wirkt sich auch der Weg Df auf die resultierende Schalldämmung aus, da die Vorsatzschale auf diesem Weg nicht berücksichtigt wird. Die resultierende Schalldämmung ist um 12,1 dB geringer als die Schalldämmung  $R_{Dd,w}$  der Trennwand mit Vorsatzschale ohne Nebenwege. Werden bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung die Wege Df und Fd weggelassen, so beträgt der Fehler 0,9 dB.

## 6.6 Trennwandanschluss

Wieweit sich der Trennwandanschluss auf die Flankenschalldämmung auswirkt, ist ein wichtiger Anhaltspunkt zur Beurteilung der Frage, ob die Verbindung einen wesentlichen Einfluss auf die Flankenschalldämmung hat oder nicht. Danach ist zu beurteilen, ob im Holzbau die DIN EN ISO 10848 Teil 2 oder Teil 3 anzuwenden ist [16], [17], [18]. Um diese Aussage treffen zu können, ist in Bild 92 ein Vergleich mit und ohne Trennwandanschluss dargestellt. Die dargestellten Messwerte sind die Überlagerungen der Schallübertragungswege 12 und 13, wie sie in Kapitel 6.5 diskutiert werden. Daraus lassen sich folgende Aussagen ableiten:

Ohne Verschraubung des Trennwandanschlusses ist der Frequenzverlauf mit der reinen Längsschalldämmung der Außenwand vergleichbar, wobei sich im Frequenzbereich bis 1000 Hz die Flankenschallübertragungswege  $F_f$  und  $F_d$  überlagern. Mit Verschraubung erhöht sich der Messwert der Längsschalldämmung im Bereich der Koinzidenzfrequenz oberhalb von 1000 Hz um ca. 5 dB. Die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz verändert sich um etwa 2 dB.

Die rechnerische Bewertung der Flankenschallübertragung in Kapitel 6.5.2 hat einen geringfügigen Einfluss der Schallübertragungswege  $D_f$  und  $F_d$  auf die resultierende Schalldämmung ergeben. Der maximale Fehler bei der Betrachtung mit und ohne die Flankenschallübertragungswege  $F_d$  und  $D_f$  beträgt demnach 1 dB.

Eine Aussage, ob der Trennwandanschluss wesentlich ist oder nicht, lässt sich nicht eindeutig beantworten. Zum einen sind Unterschiede im Trennwandanschluss messbar, sowohl in der Stoßstellendämmung als auch in der Längsschalldämmung, siehe auch [10], Bild 76 und Bild 92.

Andererseits unterscheiden sich die Einzulangaben nur im Bereich von etwa 2 dB. Die Anwendung des Nachweises mit der reinen Längsschalldämmung  $D_{n,f}$  vereinfacht die Rechnung; mit dem ermittelten Unterschied in der Flankenschalldämmung von ca. 1 bis 2 dB kann die resultierende Schalldämm-Maße  $R'_w$  ausreichend genau bestimmt werden. Der detaillierte Nachweis bietet jedoch die Möglichkeit, bei Kenntnis der Übertragungswege eine zielgerichtete schalltechnische Planung der Einzelbauteile vornehmen zu können.

Ergebnis der Untersuchungen:

Beide Varianten stellen eine mögliche Lösung für den Holzbau dar.

## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

### **7.1 Bedeutung der inneren Beplankung**

Die Untersuchungen haben den wesentlichen Einfluss der Beplankung von Holzständerwänden auf die Längsschallübertragung deutlich gemacht. Eine Trennung der Beplankung im Bereich des Bauteilanschlusses erhöht die Längsschalldämmung um 3 dB bis 5 dB. Durch eine doppelte innere Beplankung wird die Längsschalldämmung in einer ähnlichen Größenordnung von 3 dB bis 4 dB erhöht.

In der Reihenfolge der Wichtigkeit bei der Flankenschallübertragung ist die Ausbildung der Rahmenkonstruktion und die Art des Dämmmaterials im Gefach als nachgeordnet zu bewerten. Nur eine vollständige Trennung der Wände im Bereich der Stoßstelle bewirkt eine zusätzliche Verbesserung der Längsschalldämmung. Der Einsatz von elastischen Zwischenlagen zwischen vollständig getrennten Wänden kann sinnvoll sein, wenn die Anforderung an die Schalldämmung hoch ist und aus statischen Gründen ein mechanischer Verbund der Wände erforderlich ist.

### **7.2 Vorsatzschalen**

Durch die Verwendung von Vorsatzschalen kann die Flankenübertragung nahezu unterdrückt werden. Dies gilt jedoch im Wesentlichen für die Frequenzen oberhalb der Doppelschalenresonanz der Trennwand. Im Bereich der Doppelschalenresonanz bei tiefen Frequenzen kann die Luftschalldämmung der Wand durch die Vorsatzschale verschlechtert werden. Die Längsschalldämmung wird durch die Vorsatzschalen, auch im Bereich der Doppelschalenresonanz, nicht verschlechtert.

Demnach ist das Luftschallverbesserungsmaß auf die Längsschalldämmung von Holzständerwänden nicht direkt übertragbar. Die Luftschallverbesserung von Vorsatzschalen bei der Betrachtung der Flankenschalldämmung ist im Vergleich zur Luftschallverbesserung bei der Betrachtung der Transmissionsdämmung höher, insbesondere im Bereich der Doppelschalenresonanz der Holzständerwand.

Die Verwendung von Federschienen zur Verbesserung der schalldämmenden Wirkung der Vorsatzschale hat bei den untersuchten Wänden keinen wesentlichen Einfluss im Vergleich zu den alternativ verwendeten Holzleisten gezeigt. Das liegt daran, dass die Lage der Bewertungskurve der Luftschalldämmung durch die Doppelschalenresonanz maßgeblich beeinflusst wird, in deren Bereich die Vorsatzschale keine wesentliche Verbesserung der Schalldämmung bewirkt.

In vielen Gebäuden finden bereits Vorsatzschalen als Installationsebene Verwendung. Zur Erhöhung der Schalldämmung zwischen zwei Räumen ist diese Maßnahme gut geeignet, um die Flankenschallübertragung zu vermeiden. In Fällen mit tieffrequenten Anregungsspektren (z. B. Straßenverkehr, Diskomusik) kann die Verwendung von Vorsatzschalen jedoch zur geringfügigen Verschlechterung der Schalldämmung führen.

### 7.3 Tiefe Frequenzen

Frequenzen unterhalb von 100 Hz werden durch die zweischalige Bauweise nur gering gedämmt. In diesem Bereich besteht also Entwicklungsbedarf, um Gebäude in Holzständerbauweise mit hoher Schalldämmung zu realisieren. Das zeigt auch die Diskussion um tiefe Frequenzen bei der Trittschalldämmung von Decken und Treppen im Holzbau.

### 7.4 Trennwandanschluss

Die Betrachtung der Schallübertragungswege hat ergeben, dass die Wege  $F_d$  und  $D_f$  (bzw. 12 und 23) bei der Betrachtung der Flankenschalldämmung nicht ohne weiteres zu vernachlässigen sind; in der Einzahlbewertung liegt der Fehler, der durch eine reine Betrachtung der Längsschalldämmung (Übertragungsweg  $F_f$ ) gemacht wird, im Bereich von 1 bis 2 dB.

Anhand dieser Arbeit lässt sich nicht eindeutig ableiten, ob für die Beurteilung im Rahmen des Bauteilkatalogs die Flankenschallübertragung nach dem Rechenverfahren in DIN EN 12354-1 [8] oder nach dem Verfahren mit der Längsschalldämmung  $D_{n,f}$  der Konstruktion zu ermitteln ist. Unter Beachtung der inneren Beplankung können Stoßstellendämm-Maße ermittelt und in das Rechenverfahren eingebracht werden. Ob die Anwendung des Rechenverfahrens jedoch Sinn macht, bleibt Thema weiterer Diskussionen.

### 7.5 Ausblick

Mit Hilfe der Ergebnisse kann eine Beurteilung der Längsschalldämmung im Holzbau nach dem europäischen Rechenverfahren vorgenommen werden, weil Eingangsdaten zur Verfügung gestellt werden. Es bleiben jedoch noch einige Fragen offen, die weiterer Untersuchungen bedürfen.

Im Rahmen dieser Untersuchung konnte nur ein Ausschnitt aus der Vielfalt der Konstruktionsweisen im Holzständerbau untersucht werden. In der Bau-praxis werden abweichende Konstruktionen wie Doppel-T-Träger aus Holz und Holzwerkstoffen, andere Dämmstoffe und anderer Bepunktungen verwendet, deren Einfluss auf die Luft- und Längsschalldämmung messtechnisch aussteht. In diesem Zusammenhang ist auch die Verwendung von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) zu nennen.

Besonders der Anschluss im Deckenbereich konnte im Labor nicht untersucht werden und bleibt damit Gegenstand von Folgeprojekten.

Die Messungen haben aufgezeigt, dass die Bauweise mit Holzständerwänden durch die zweischalige Konstruktion eine hohe Schalldämmung haben kann. Dies gilt jedoch nicht für den Bereich tiefer Frequenzen, in dem die Luftschalldämmung sehr gering ist. In diesem Bereich besteht also Entwicklungsbedarf, um die Schalldämmung auch bei tiefen Frequenzen zu verbessern.

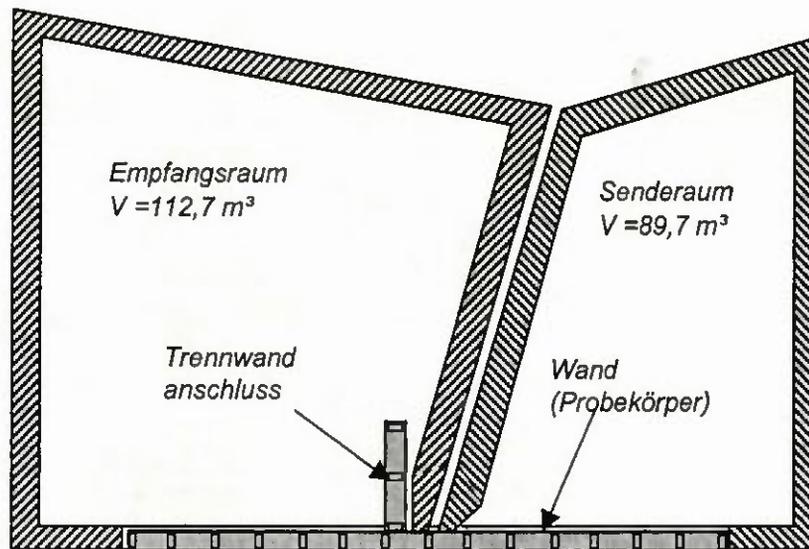
## 8 Literaturverzeichnis

- [1] Gösele, K.:  
"Untersuchungen über die Schall-Längsdämmung von Wänden und Decken aus Holzbauteilen", Bericht BS 28/78, IBP Stuttgart 1978 für EGH München.
- [2] Gösele K.:  
"Ergänzende Angaben über die Schall-Längsleitung von Holzbauteilen", für EGH München, 1979.
- [3] Gösele, K.; Schulze, H.:  
"Zum Einfluss der Flächengrößen von Flankenbauteilen aus biegeweichen Schalen auf deren Längsleitung", für EGH München, 1984.
- [4] Meyer, W.:  
"Längsdämmung im Holzbau", mikado 6/95.
- [5] Metzen, H.:  
"Angriff über die Flanken", mikado, 1/96.
- [6] Schumacher, R.:  
"Schalllängsleitung bei Außen- und Innenwänden im Mehrgeschoss-Holzbau", DGfH Fachtagung „Mehrgeschossiger Holzbau“, Friedrichshafen/Bodensee, Mai 1996.
- [7] Meyer, W.:  
"Doppellage schützt vor Lärm", mikado 12/96.
- [8] DIN EN 12354-1 : 2000-12  
"Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen", Beuth-Verlag, Berlin.
- [9] Schumacher, R.; Saß, B.:  
"Überprüfung des Einflusses von Stoßstellen bei Fassaden", ift Rosenheim, 2000.
- [10] Schumacher, R.; Saß, B.:  
Grundlagenuntersuchung zum Stoßstellendämm-Maß im Holzbau", ift Rosenheim, 2001.
- [11] Schumacher, R.:  
„Schalllängsdämmung im Mehrgeschoss-Holzbau“, 1. Zwischenbericht, April 2000.
- [12] Schumacher, R.:  
„Schalllängsdämmung im Mehrgeschoss-Holzbau“, 2. Zwischenbericht, November 2000.
- [13] DIN 52210-7 : 1997  
"Luft- und Trittschalldämmung – Teil 7: Bestimmung der Norm-Flankenpegeldifferenz im Prüfstand", Beuth-Verlag, Berlin.

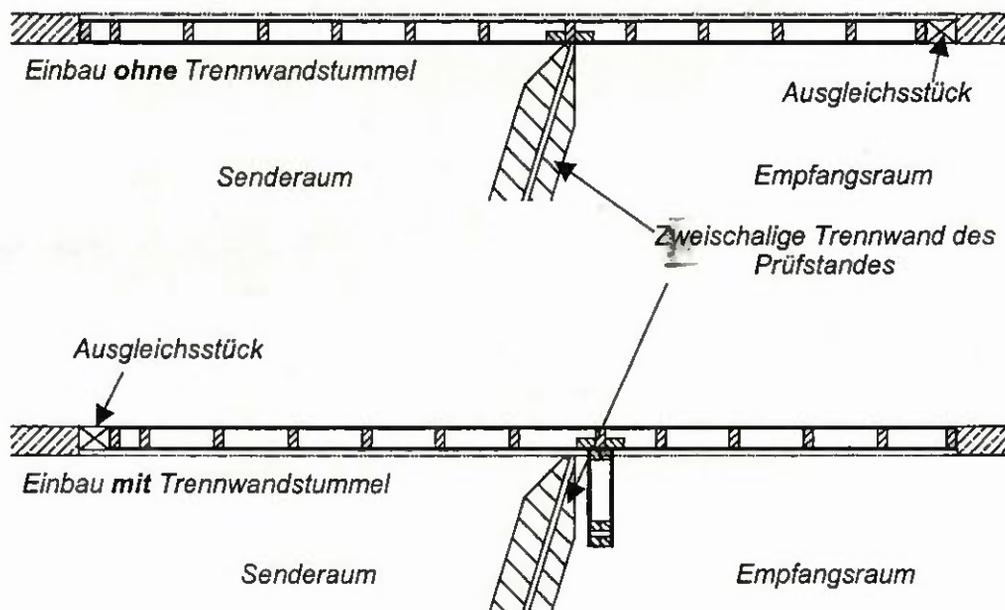
- [14] DIN EN 20140-3 : 1995,  
"Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen", Beuth-Verlag, Berlin.
- [15] Schmidt, H:  
Schalltechnisches Taschenbuch, 5. Auflage; VDI-Verlag Düsseldorf, 1996.
- [16] E DIN EN ISO 10848-1 : 2000-01  
"Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen - Teil 1: Rahmendokument" (ISO/DIS 10848:1999), Beuth-Verlag, Berlin.
- [17] E DIN EN ISO 10848-2 : 2001-06  
"Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen - Teil 2: Anwendung auf leichte Bauteile, wenn die Verbindung geringen Einfluss hat" (ISO/DIS 10848-2:2001), Beuth-Verlag, Berlin.
- [18] E DIN EN ISO 10848-3 : 2001-06  
"Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen - Teil 2: Anwendung auf leichte Bauteile, wenn die Verbindung wesentlichen Einfluss hat" (ISO/DIS 10848-3:2001), Beuth-Verlag, Berlin.
- [19] Messanleitung zur Bestimmung des Verlustfaktors, PTB Braunschweig, 1997
- [20] DIN EN ISO 717-1 : 1997  
"Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung", Beuth-Verlag, Berlin.
- [21] Schumacher R.; Saß B.:  
Conference in Building acoustics, „Acoustic performance of medium-rise timber Buildings“, Dublin 1998.
- [22] Schmid, J.; Schumacher, R.; Niedermaier, P.; Hoeckl, C.; Götz, M.; Saß, B.:  
Forschungsvorhaben "Konstruktionsgrundlagen für mehrgeschossige Holzfassaden", ift Rosenheim, 1999-12.
- [23] Schumacher R.; Saß B.:  
"Flanking sound transmission by timber-framed glass facades",  
J. Building Acoustics Vol. 6, No. 3&4, Brentwood, Essex, 1999.
- [24] Meier, A.:  
Dissertation "Die Bedeutung des Verlustfaktors bei der Bestimmung der Schalldämmung im Prüfstand", Shaker Verlag, Aachen, 2000.
- [25] DIN EN ISO 140-1:1997,  
"Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung", Beuth-Verlag, Berlin.



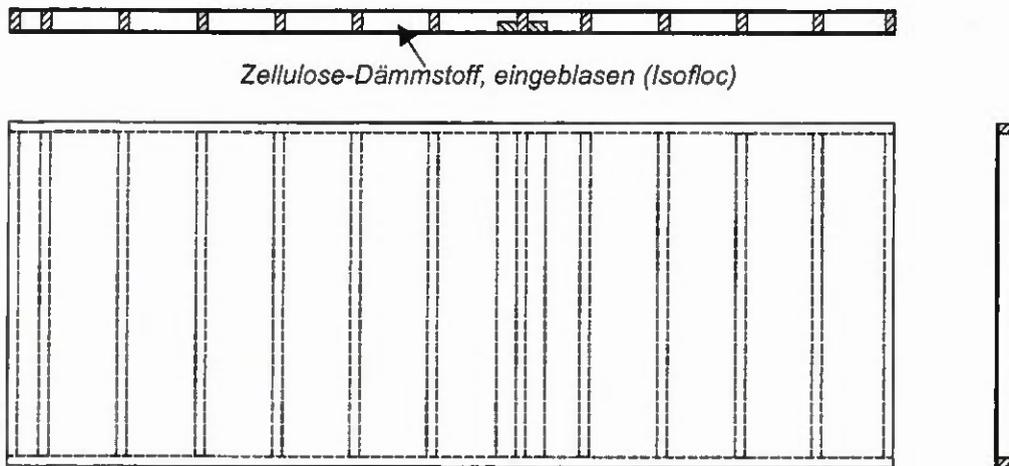
- [26] DIN 4109:1989,  
"Schallschutz im Hochbau", Beuth-Verlag, Berlin.
- [27] DIN 4109, Beiblatt 1:1989, Beuth-Verlag, Berlin.
- [28] Krämer, P.; Sonntag, E.:  
"Studie zur Ermittlung von Stoßstellendämm-Maßen",  
GeBRA, Bericht Nr. G – 208-96.
- [29] Saß, B.; Schumacher R.:  
"Längsschalldämmung und Stoßstellendämmung im mehrgeschossigen Holz-  
bau"; DAGA 2002, Bochum.



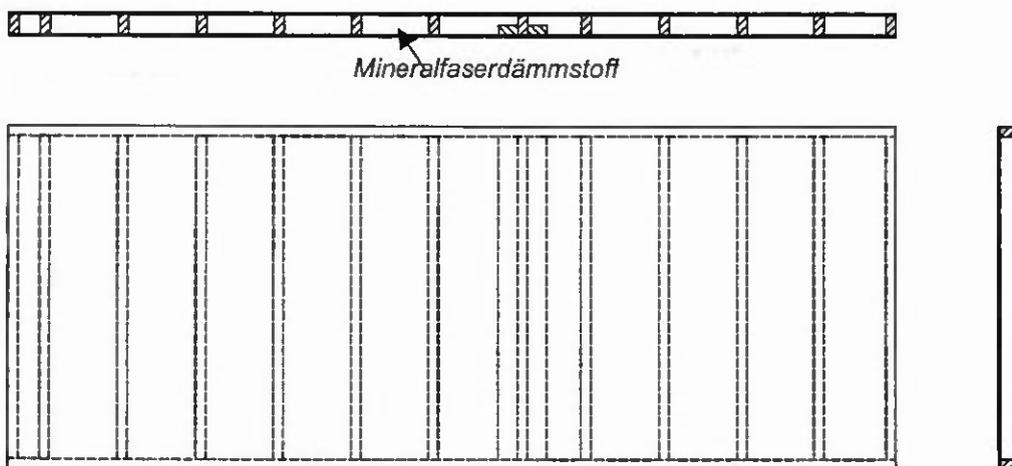
**Bild 1** Prüfstand des ift Rosenheim zur Bestimmung der Längsschalldämmung mit eingebautem Probekörper (Wand mit horizontaler Übertragungsrichtung)



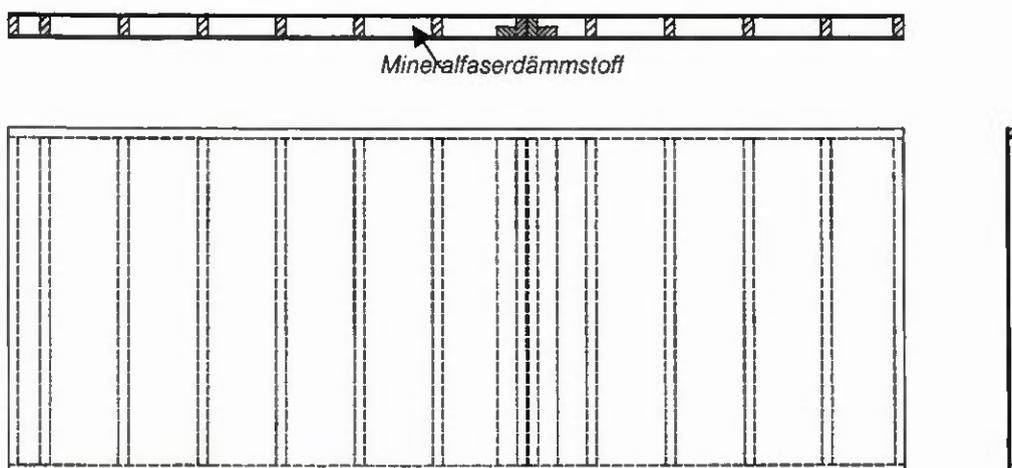
**Bild 2** Einbau einer Außenwand in den Längsleitungsprüfstand ohne und mit Trennwandanschluss (im Beispiel Wand 1 und Wand 5)



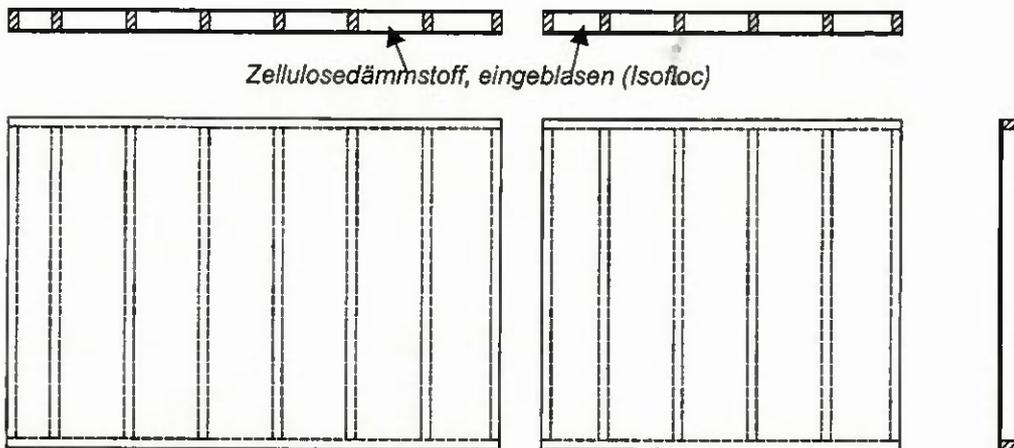
**Bild 3** Ansicht und Schnitt von Wand 1 (Außenwand durchgehend)



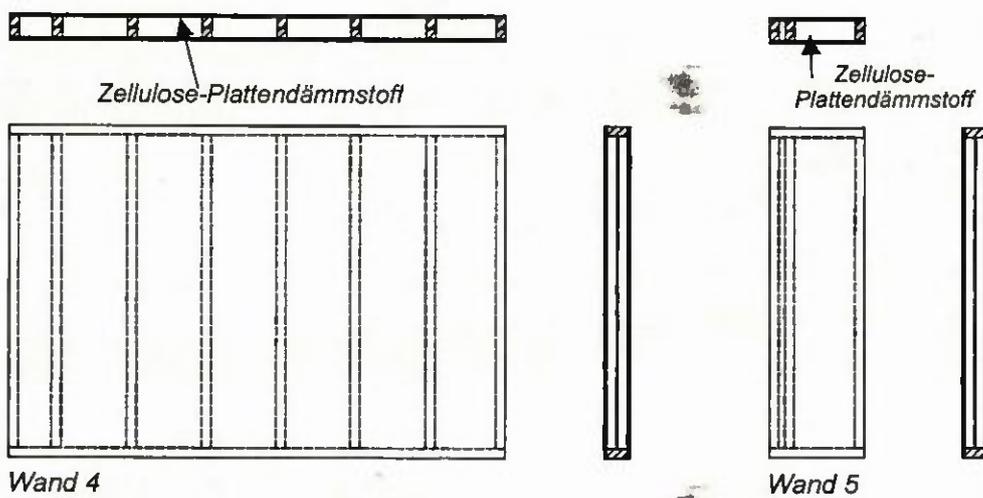
**Bild 4** Ansicht und Schnitt von Wand 8 (Außenwand durchgehend)



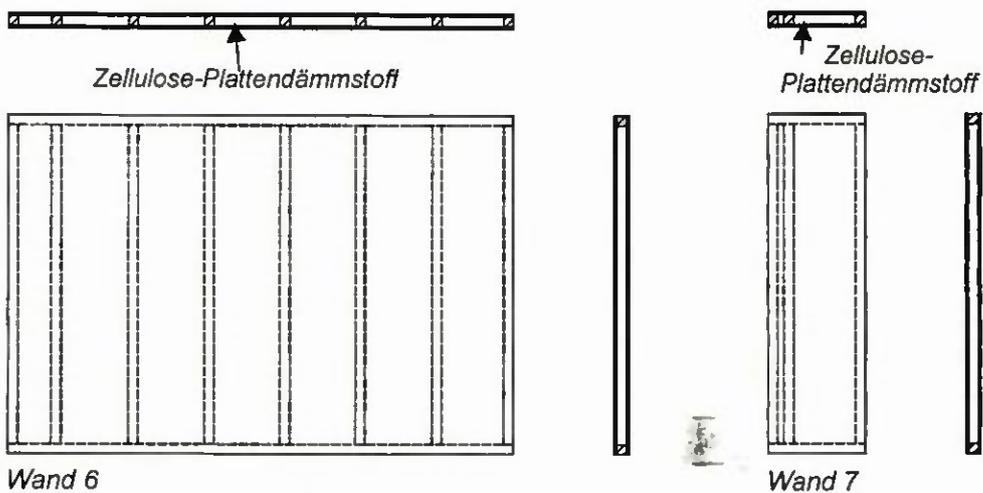
**Bild 5** Ansicht und Schnitt von Wand 9 (Außenwand durchgehend, getrennte Pfosten)



**Bild 6** Ansicht und Schnitt von Wand 2 und 3 (Außenwand getrennt)



**Bild 7** Ansicht und Schnitt von Wand 4 (Innenwand mit getrennten Ständern) und Wand 5 (Wandstummel für den Anschluss im Längsleitungsprüfstand)



**Bild 8** Ansicht und Schnitt von Wand 6 (Innenwand mit einfachen Ständern) und Wand 7 (Wandstummel für den Anschluss im Längsleitungsprüfstand)

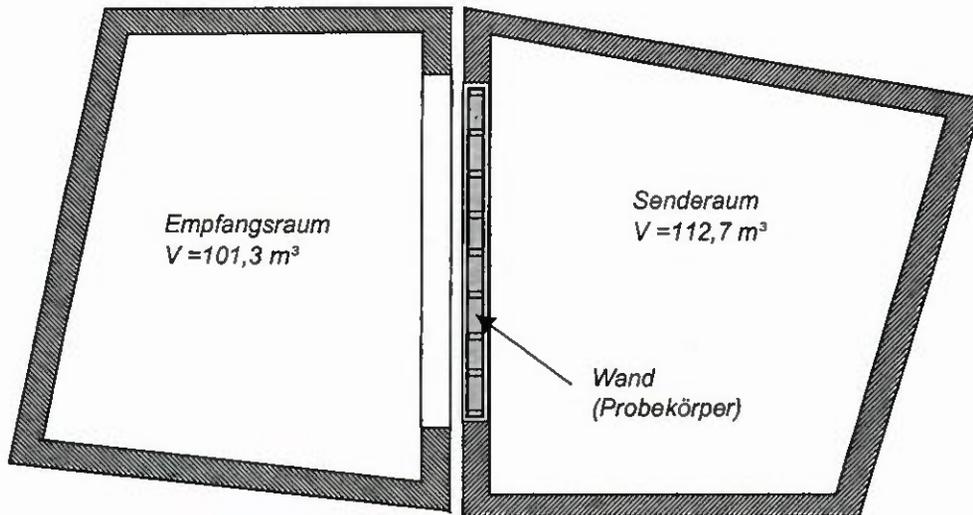


Bild 9 Prüfstand zur Bestimmung der Luftschalldämmung mit eingebautem Probekörper

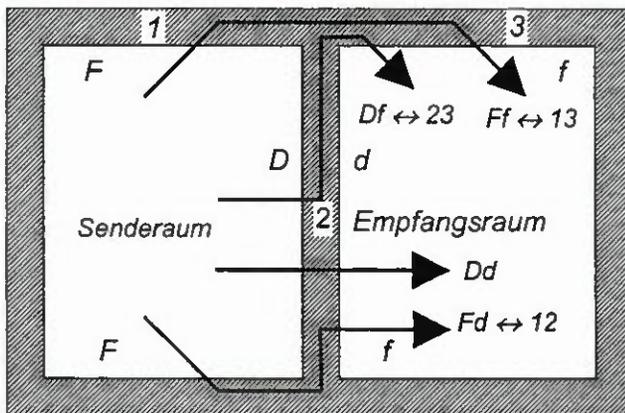


Bild 10 Schallübertragungswege zwischen zwei Räumen

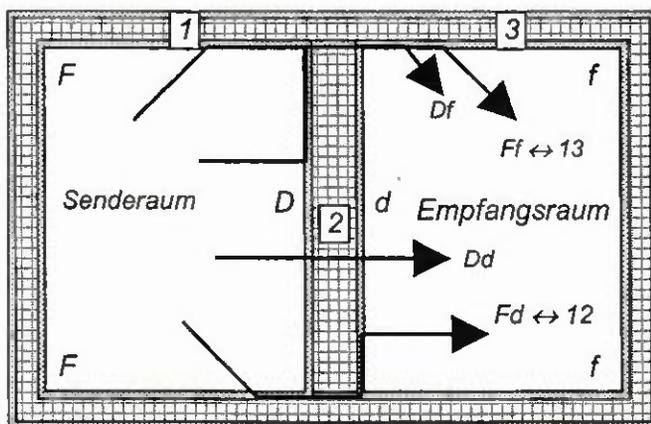


Bild 11 Schallübertragungswege im Holzbau mit zweischaligen Wänden

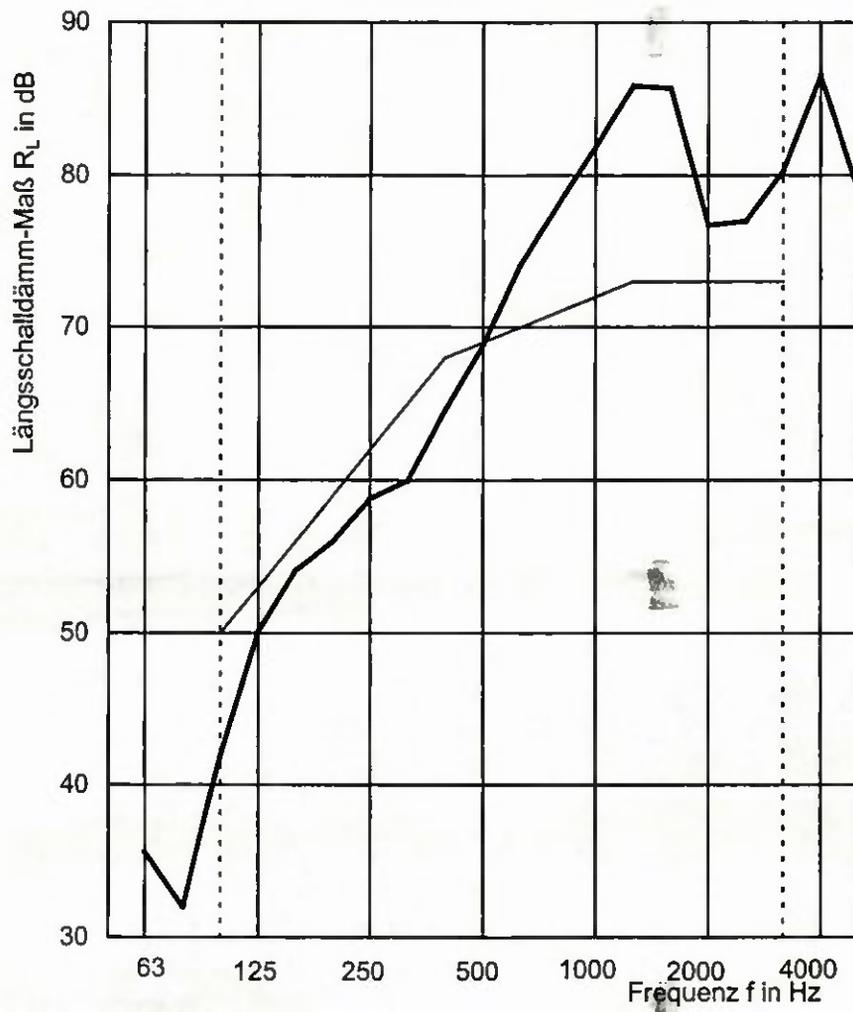
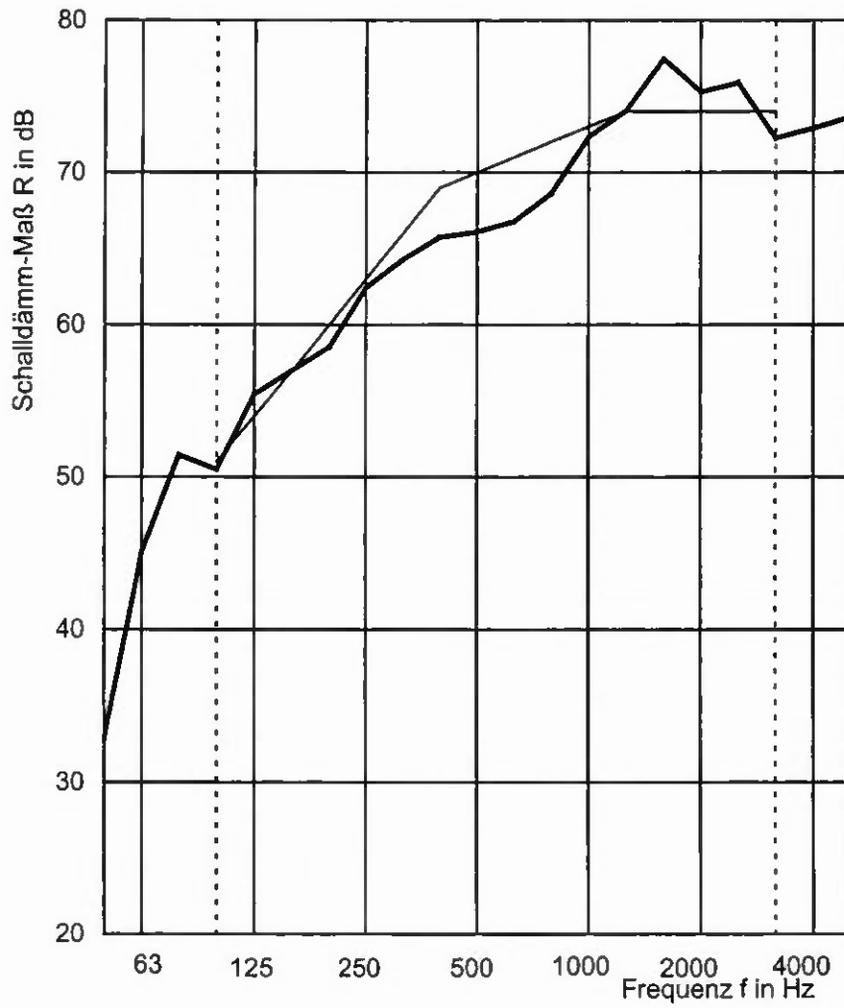
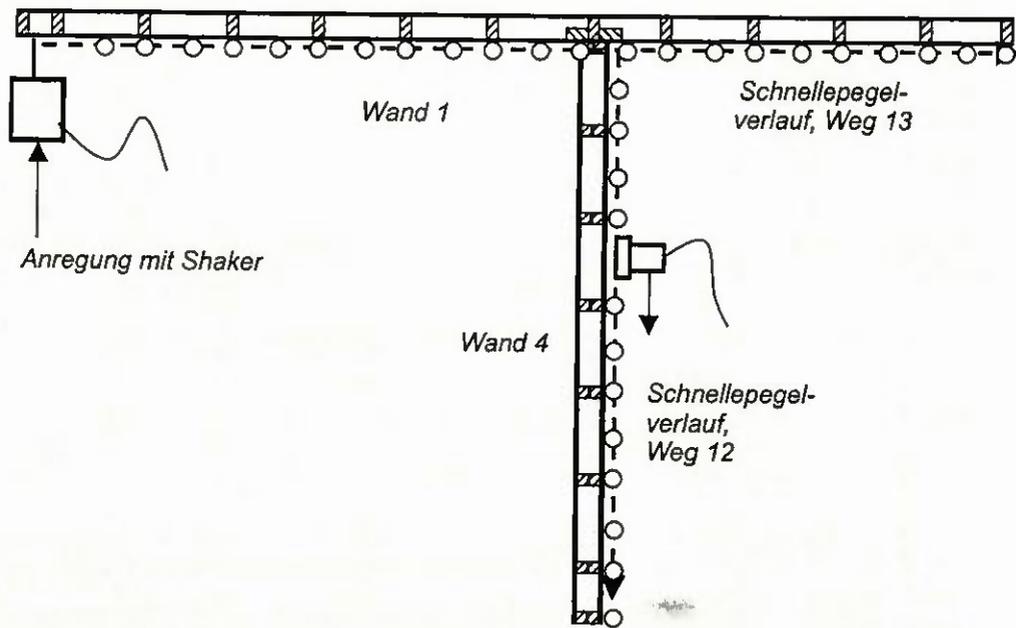


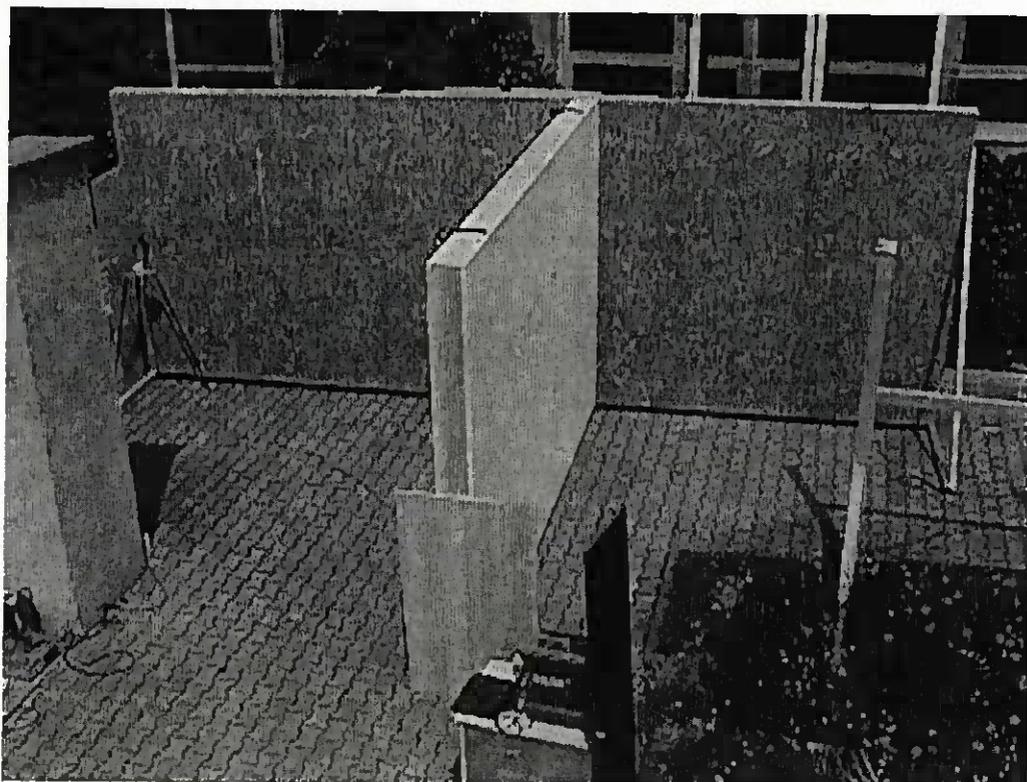
Bild 12 Maximale Längsschalldämmung des Längsleitungsprüfstandes



**Bild 13** Maximale Schalldämmung des Wandprüfstandes



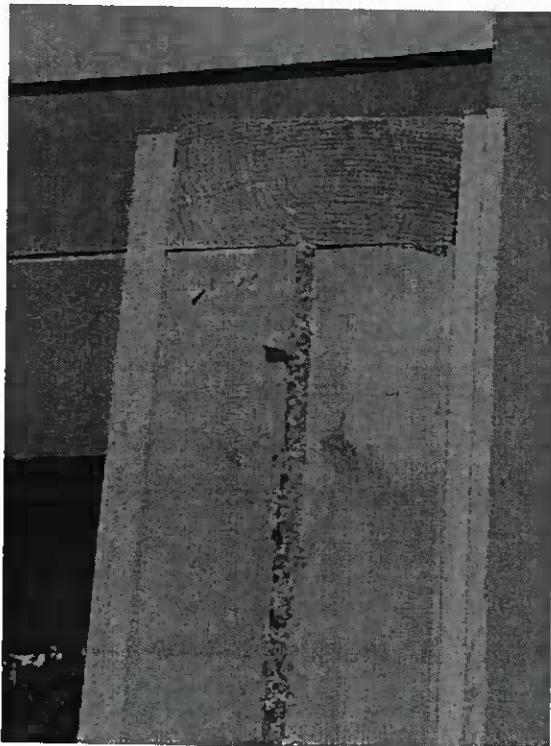
**Bild 14** Messung des Schnellepegelverlaufes eines T-Stoßes in regelmäßigen Abständen auf den Wegen 12 und 13



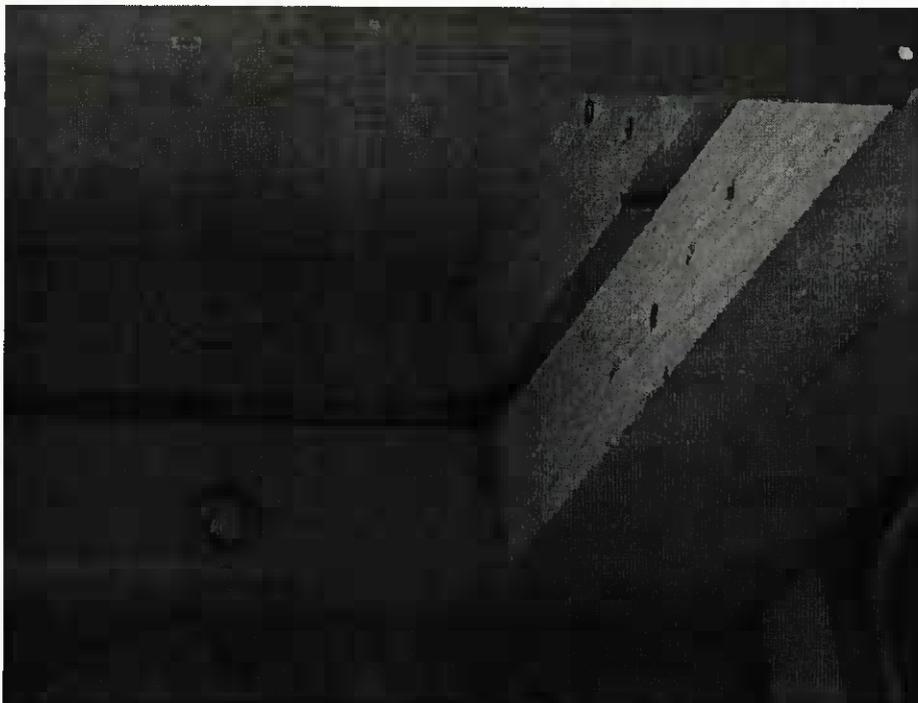
**Bild 15** Aufbau des T-Stoßes frei stehend



**Bild 16** Anschluss der Innenwand an die Außenwand mit Verschraubung 12 x 160 mm



**Bild 17** Seitliche Ansicht von Wand 4 mit getrennten Ständern



**Bild 18** Aufbau der getrennten Ständer, Riegel und Schwellen am Bau



**Bild 19** Bauvorhaben „Burg Schwaneck“, Wohngebäude



**Bild 20** Bauvorhaben „Burg Schwaneck“, Verwaltungsgebäude



**Bild 21** Positionierung des Aufnehmers auf der Wand

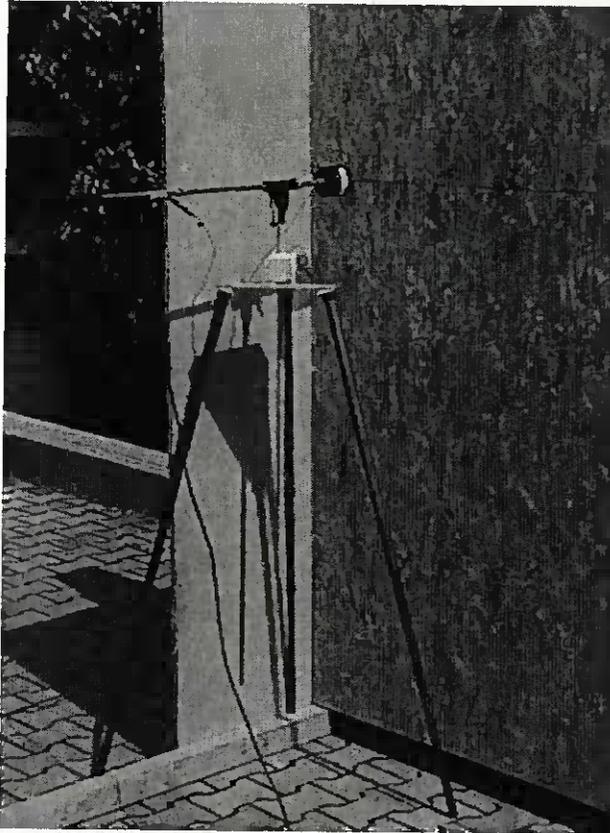


Bild 22 Anregung der Wand mit dem Shaker

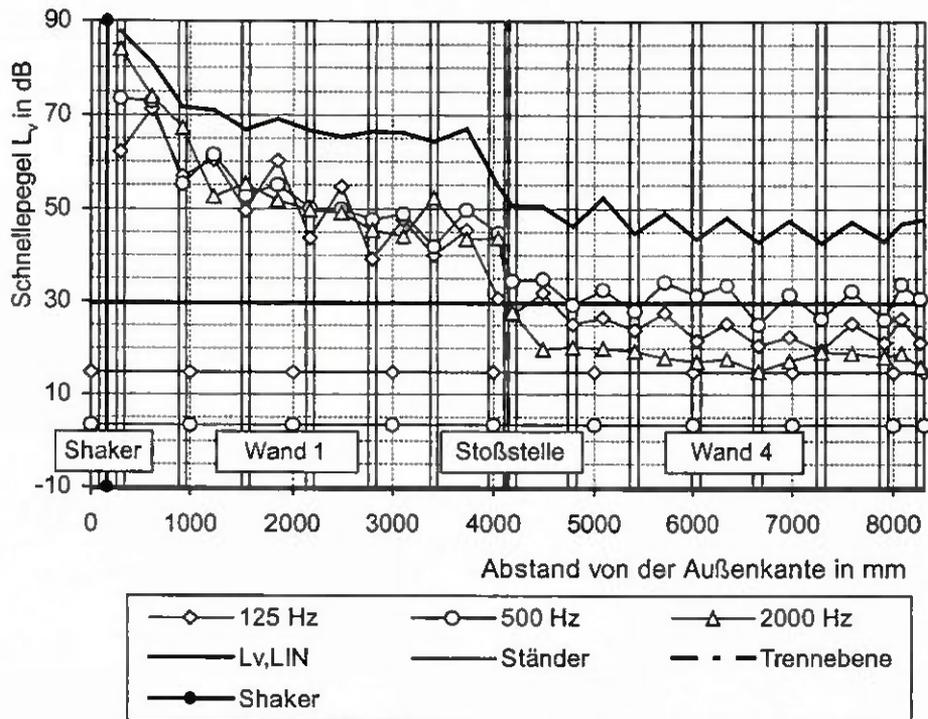
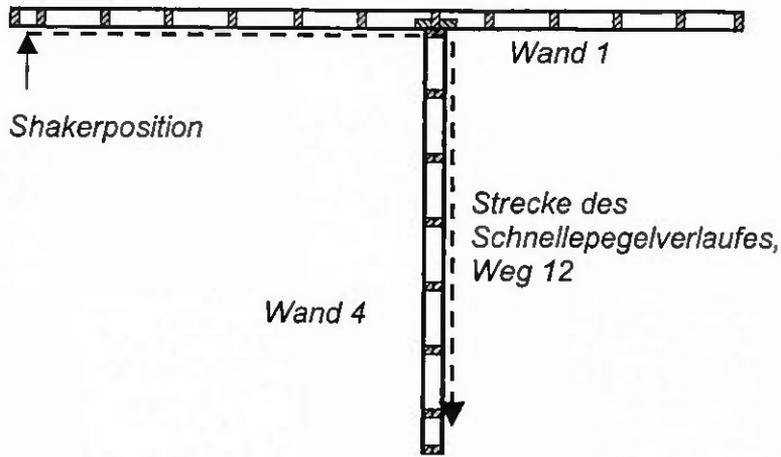


Bild 23 Schnellepegelverlauf auf Wand 1/Wand 4, Weg 12

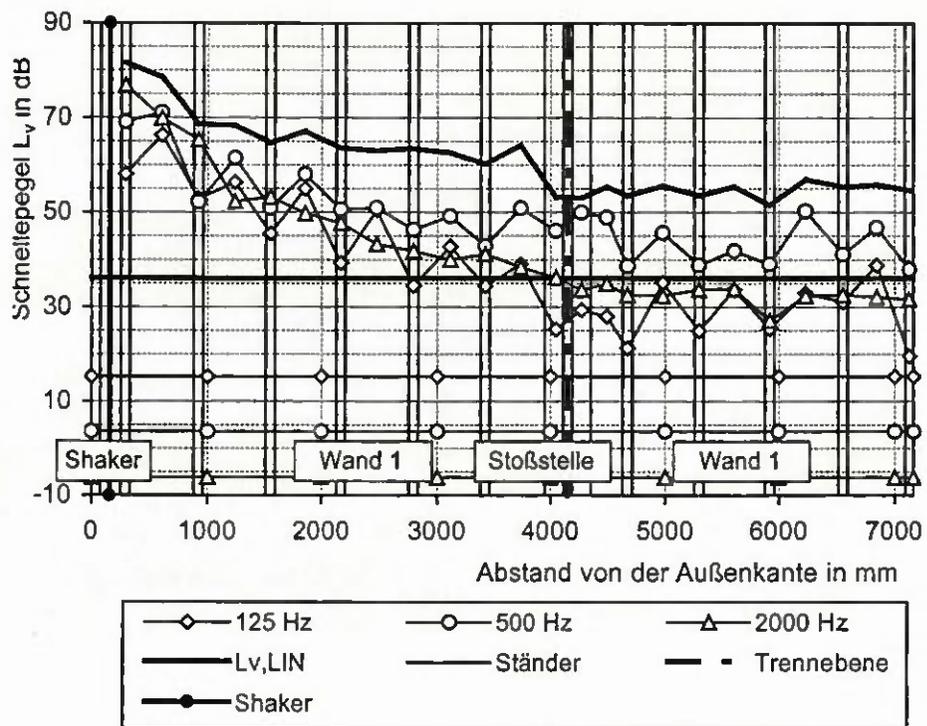
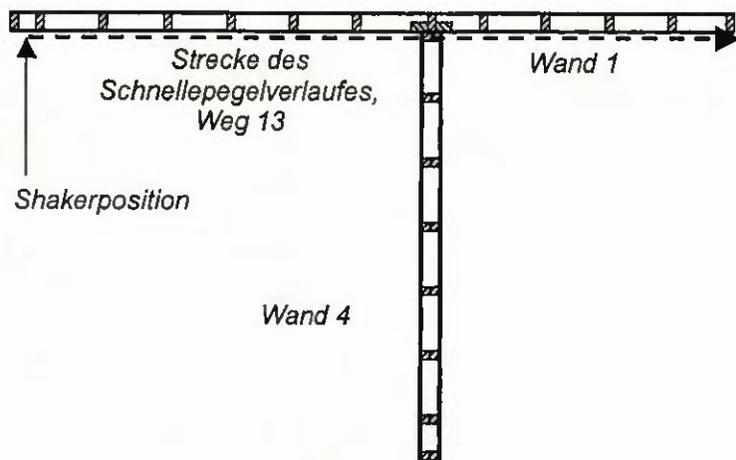


Bild 24 Schnellepegelverlauf auf Wand 1, Weg 13

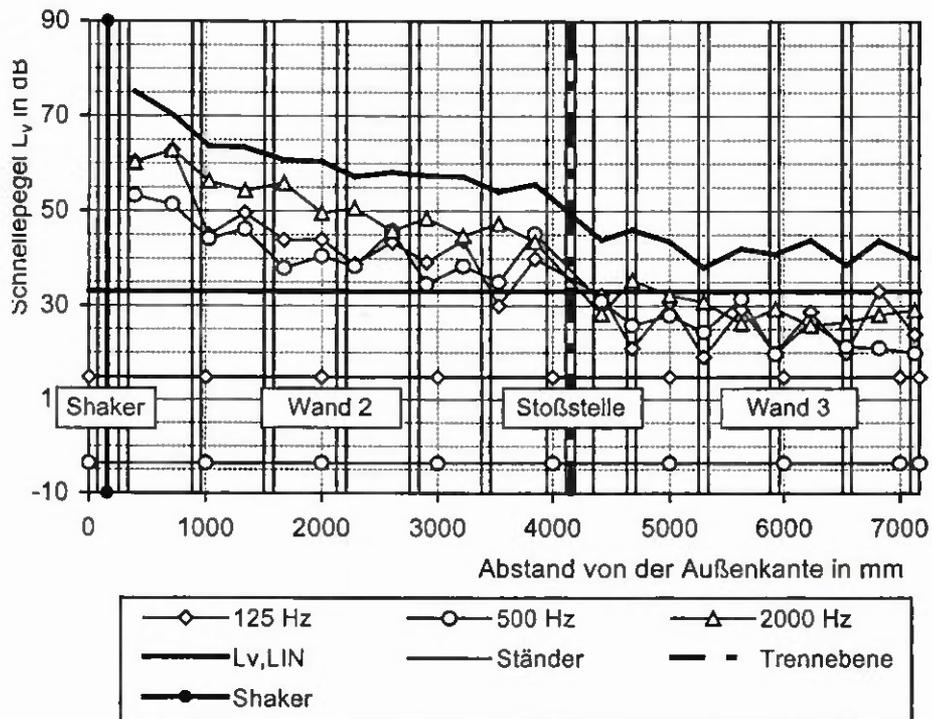
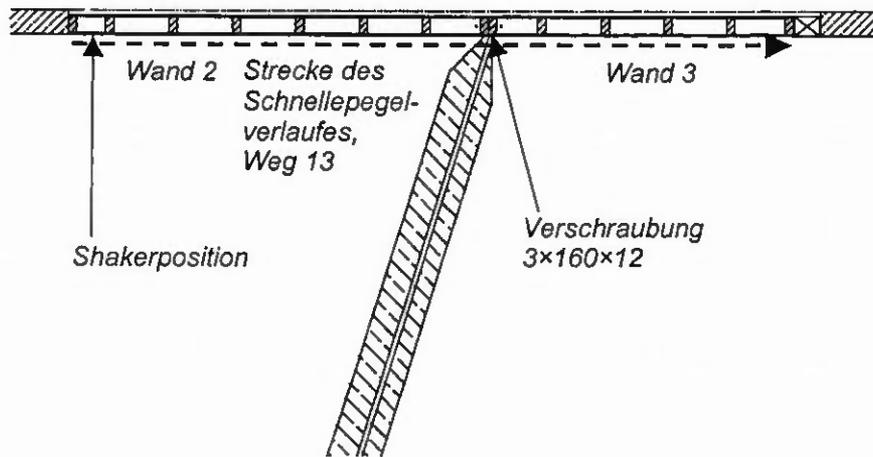


Bild 25 Schnellepegelverlauf auf Wand 2 / Wand 3, Weg 13, mit Shakeranregung

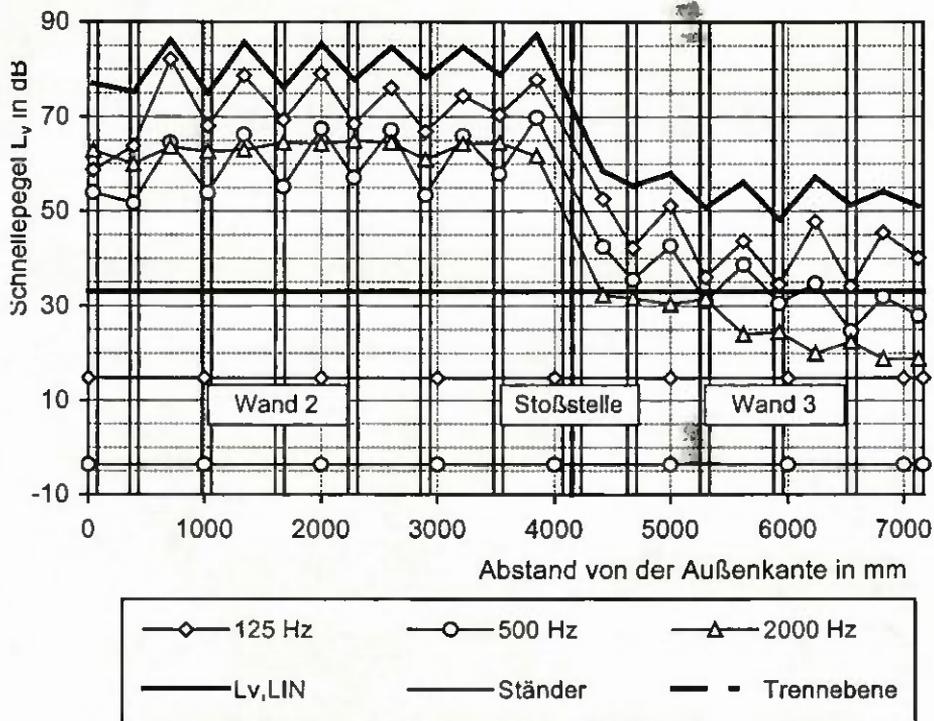
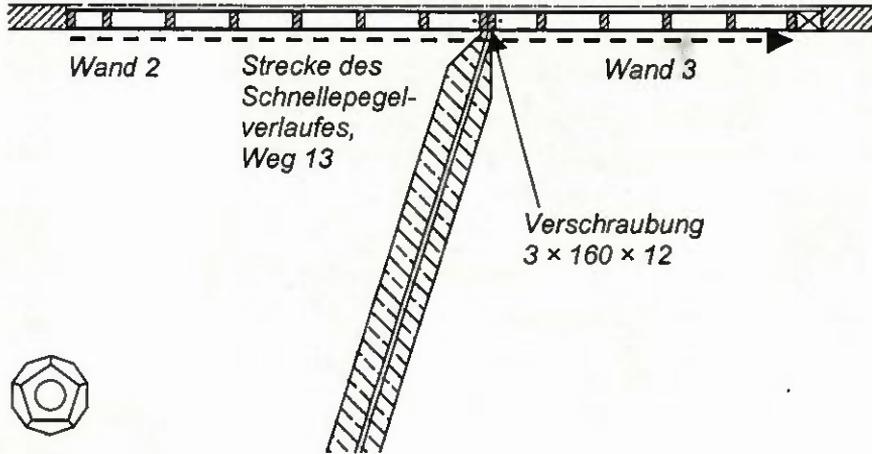
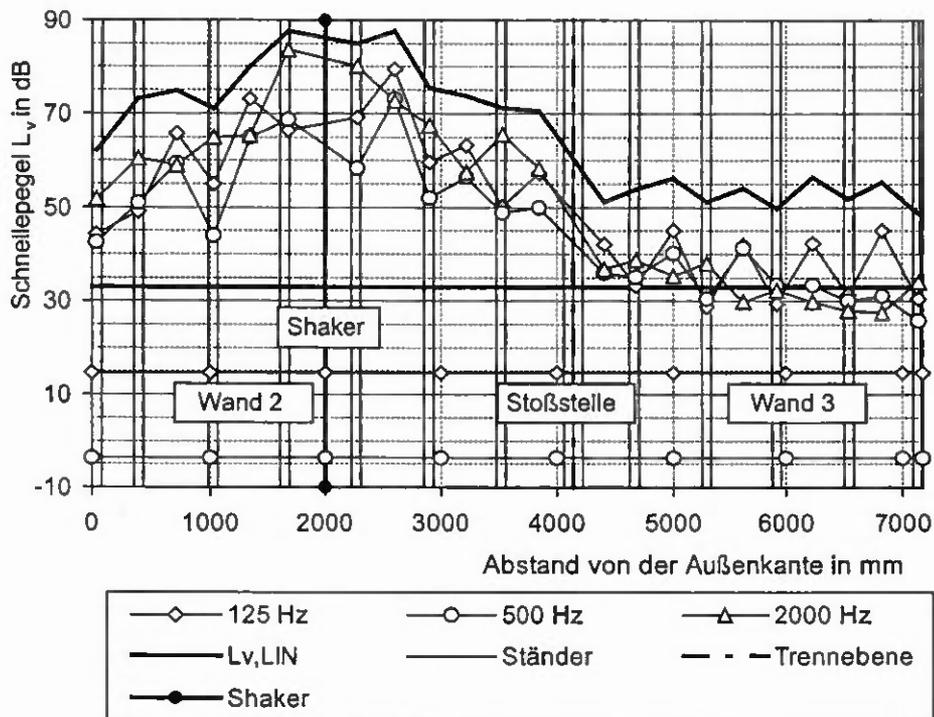
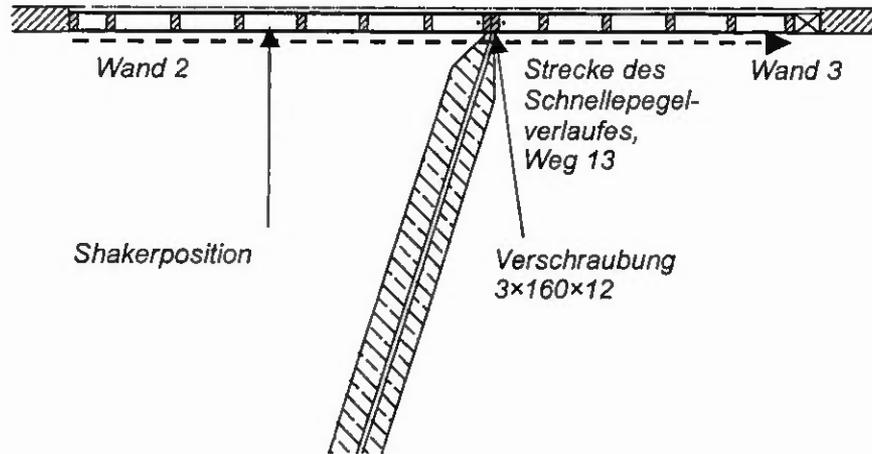
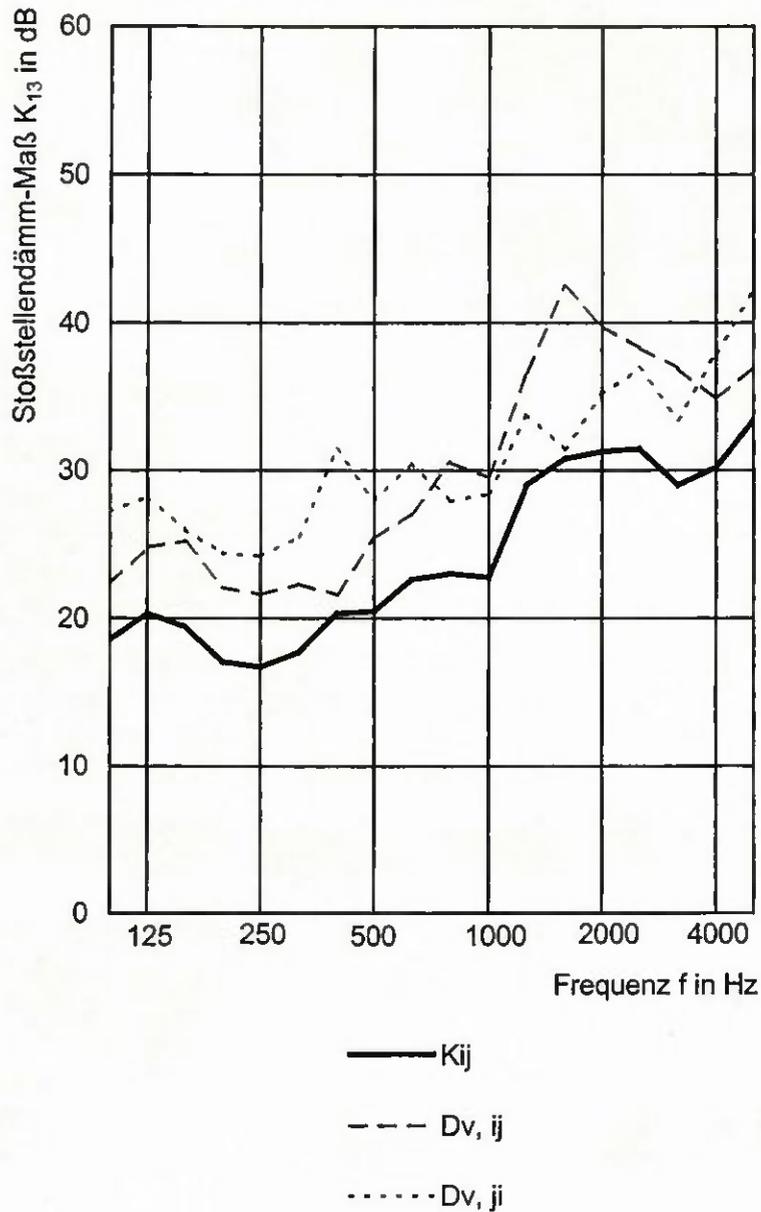


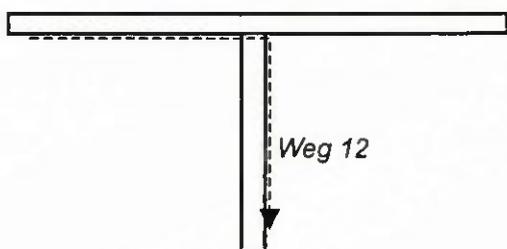
Bild 26 Schnellepegelverlauf auf Wand 2 / Wand 3, Weg 13, mit Luftschallanregung

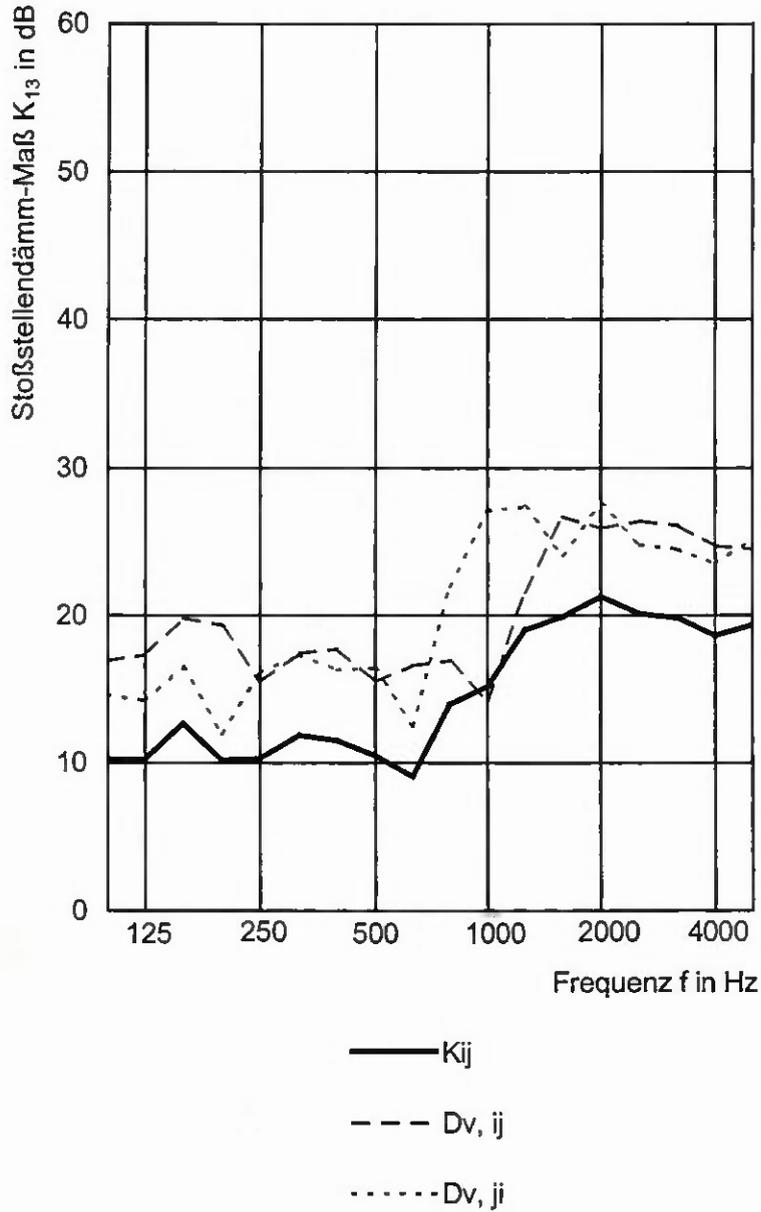


**Bild 27** Schnellepegelverlauf auf Wand 2 / Wand 3, Weg 13, mit Shakeranregung in der Mitte der Senderaumwand.

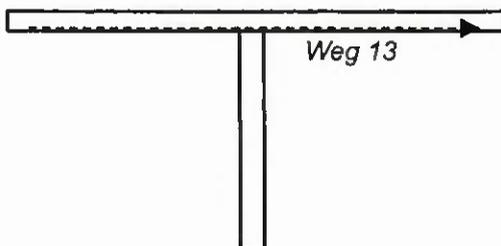


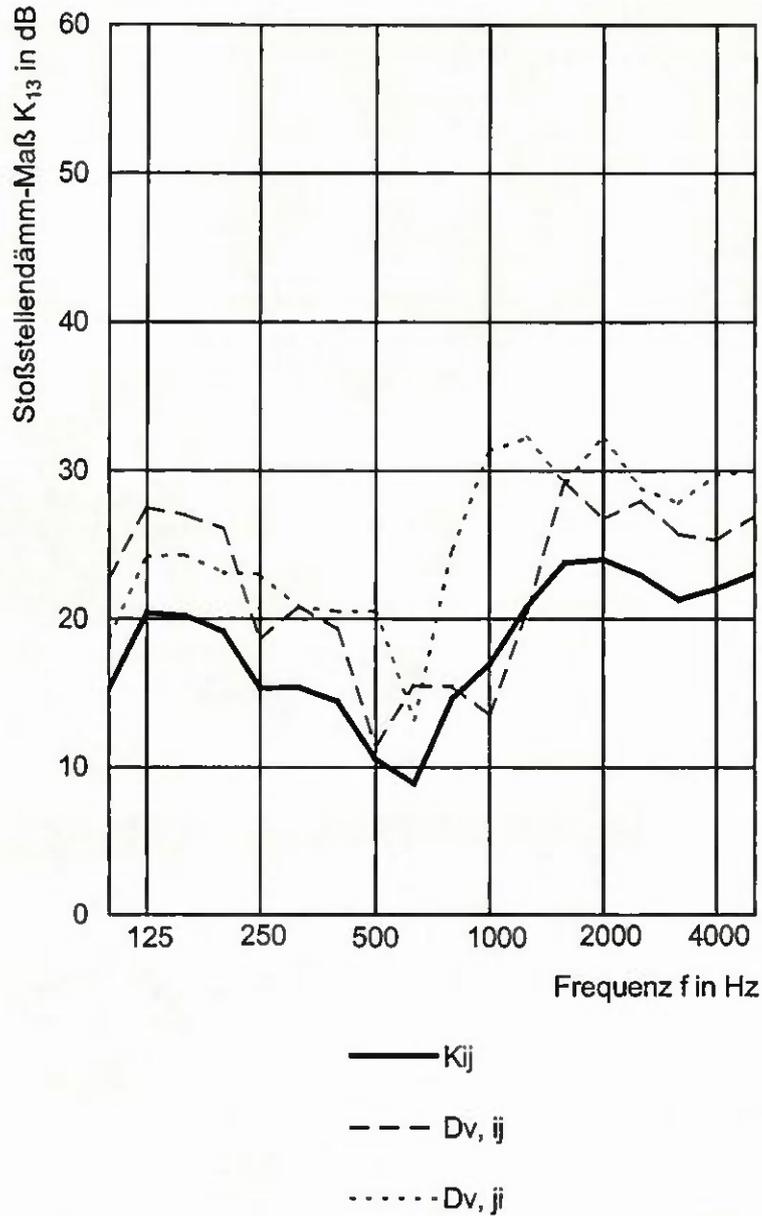
**Bild 28** Messbeispiel des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{12}$  zwischen Wand 1 (i) und Wand 4 (j), Anregung mit Shaker, Messung frei stehend in der Halle des ift  
 $K_{12} = 21,1$  dB (nach [16])



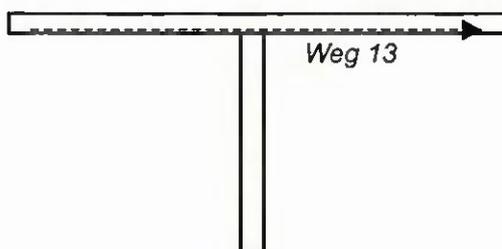


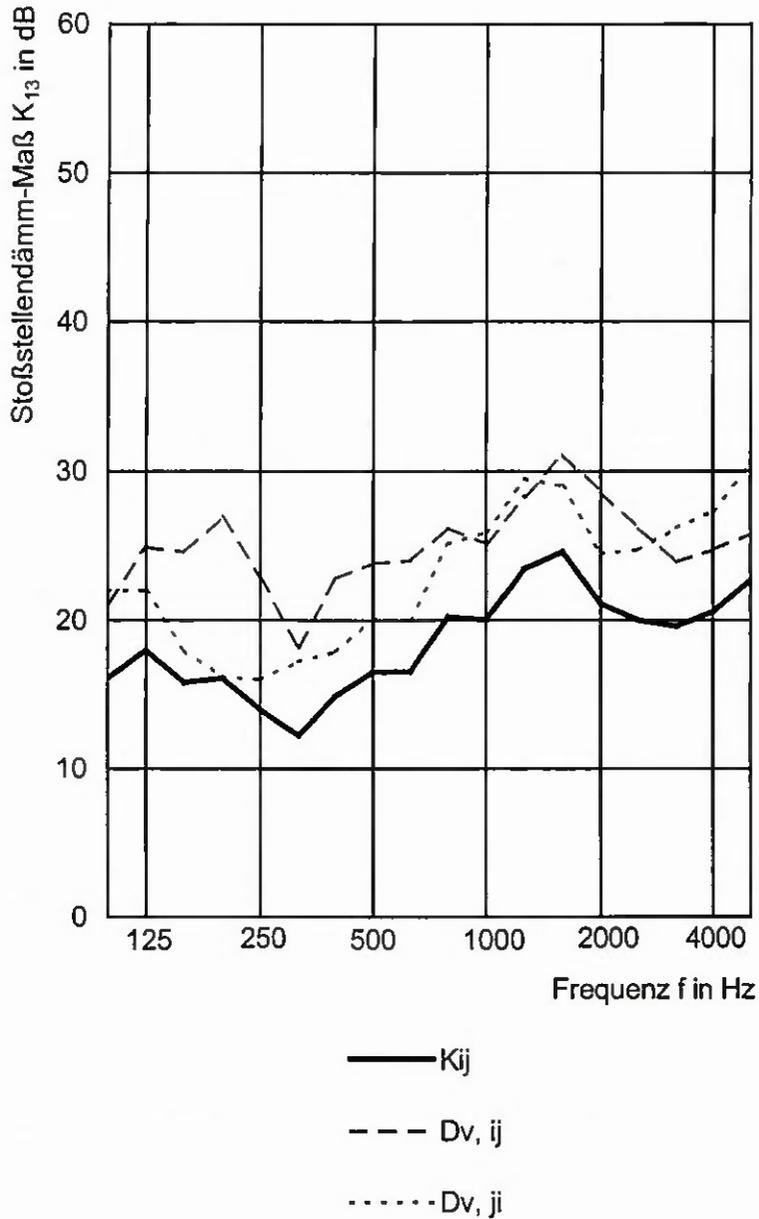
**Bild 29** Messbeispiel des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  auf Wand 1 (i und j), Anregung mit Shaker, Messung frei stehend in der Halle des ift  
 $K_{13} = 12,4$  dB (nach [16])



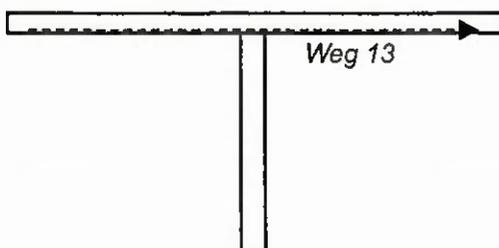


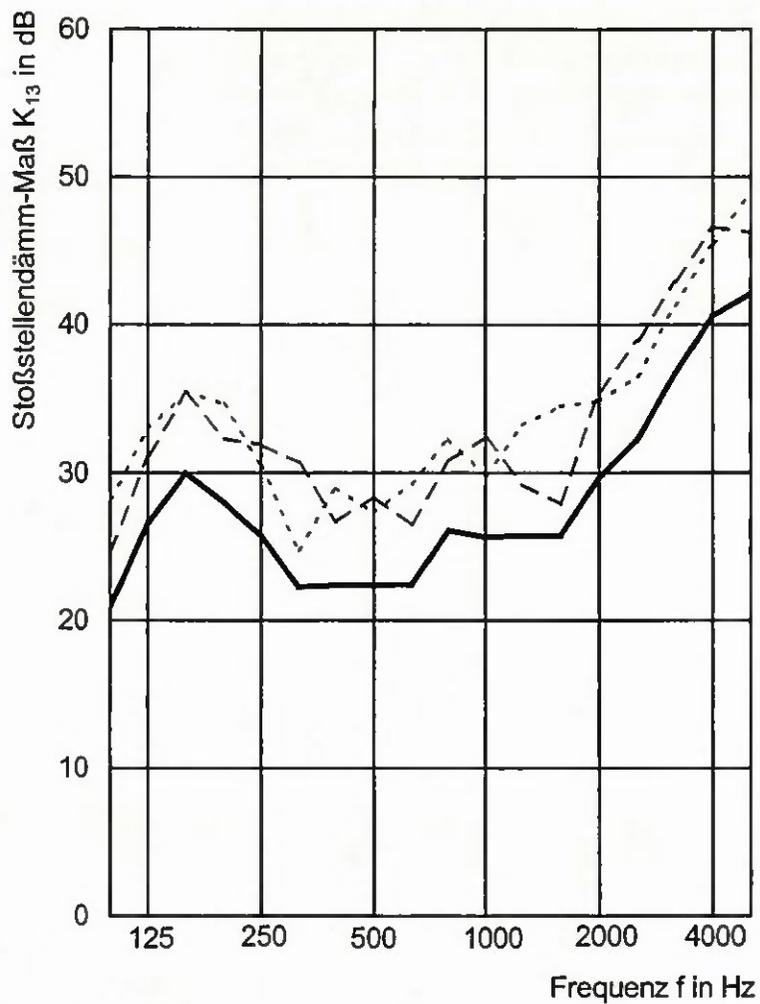
**Bild 30** Messbeispiel des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  auf Wand 1 (i und j), Anregung mit Shaker, Messung im Längsleitungsprüfstand des ift  
 $K_{13} = 15,1$  dB (nach [16])





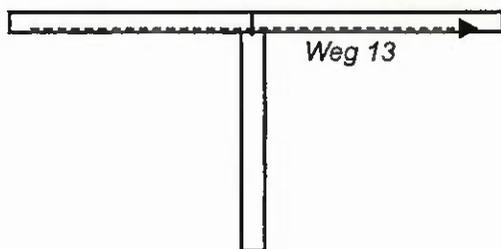
**Bild 31** Messbeispiel des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  auf Wand 1 (i und j), Anregung mit Luftschall, Messung im Längsleitungsprüfstand des ift  
 $K_{13} = 17,1$  dB (nach [16])





— Kij  
 - - - Dv, ij  
 ····· Dv, ji

**Bild 32** Messbeispiel des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  auf Wand 2 (i) und Wand 3 (j), Anregung mit Luftschall, Messung im Längsleitungsprüfstand des ift  $K_{13} = 24,5$  dB (nach [16])



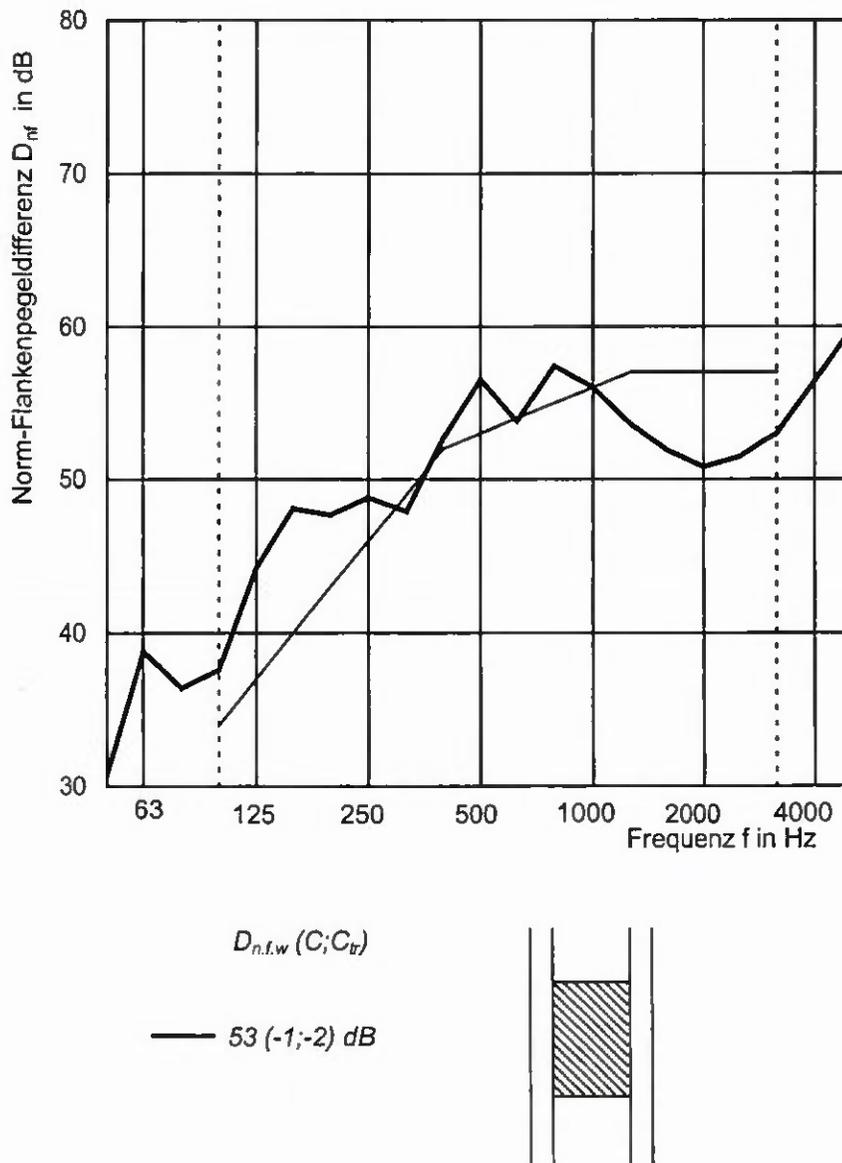
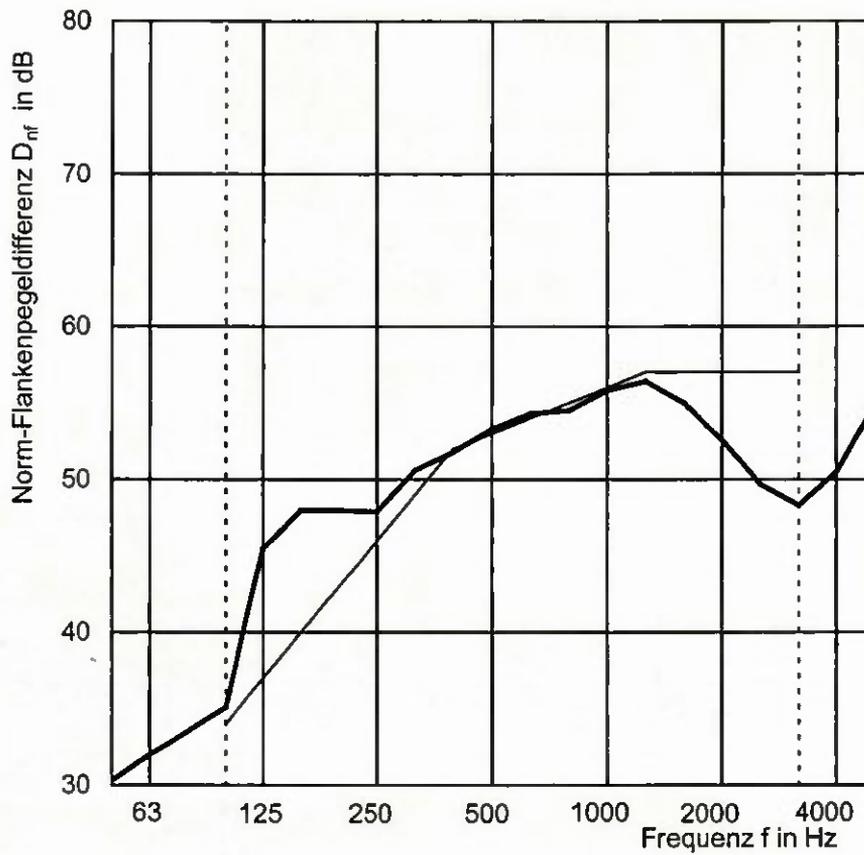


Bild 33 Längsschalldämmung von Wand 1 ohne Trenwandanschluss



$D_{n,f,w}(C;C_{tr})$

— 53 (-1;-2) dB

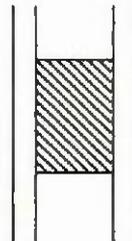
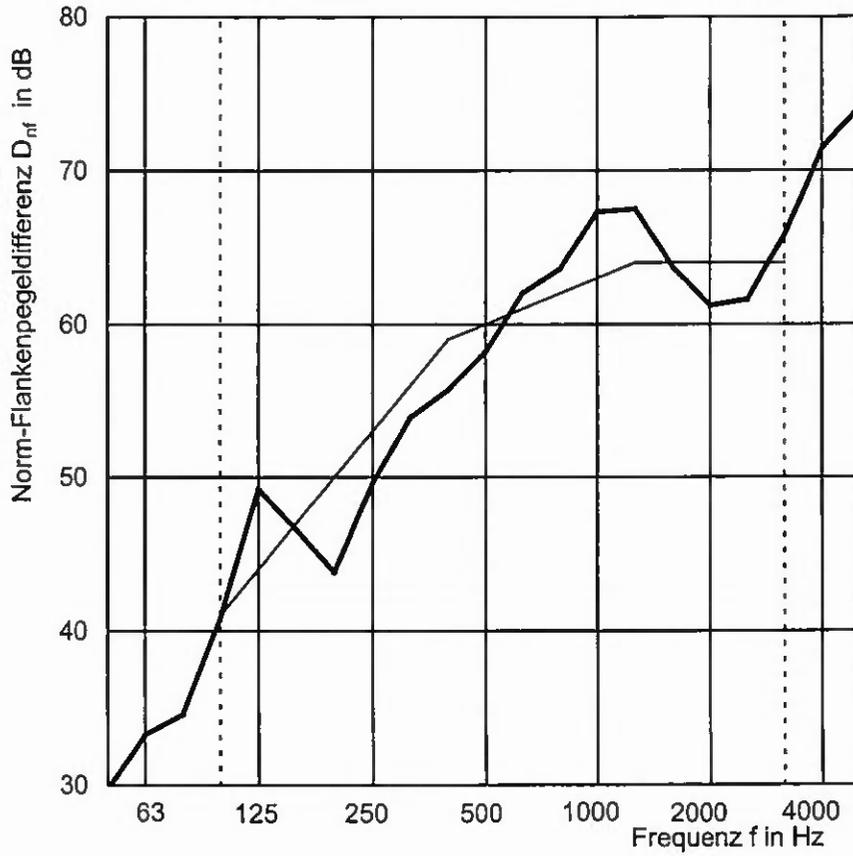


Bild 34 Längsschalldämmung von Wand 8 ohne Trennwandanschluss



$D_{n,f,w} (C; C_{tr})$

— 60 (-1;-5) dB

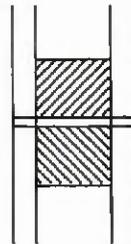
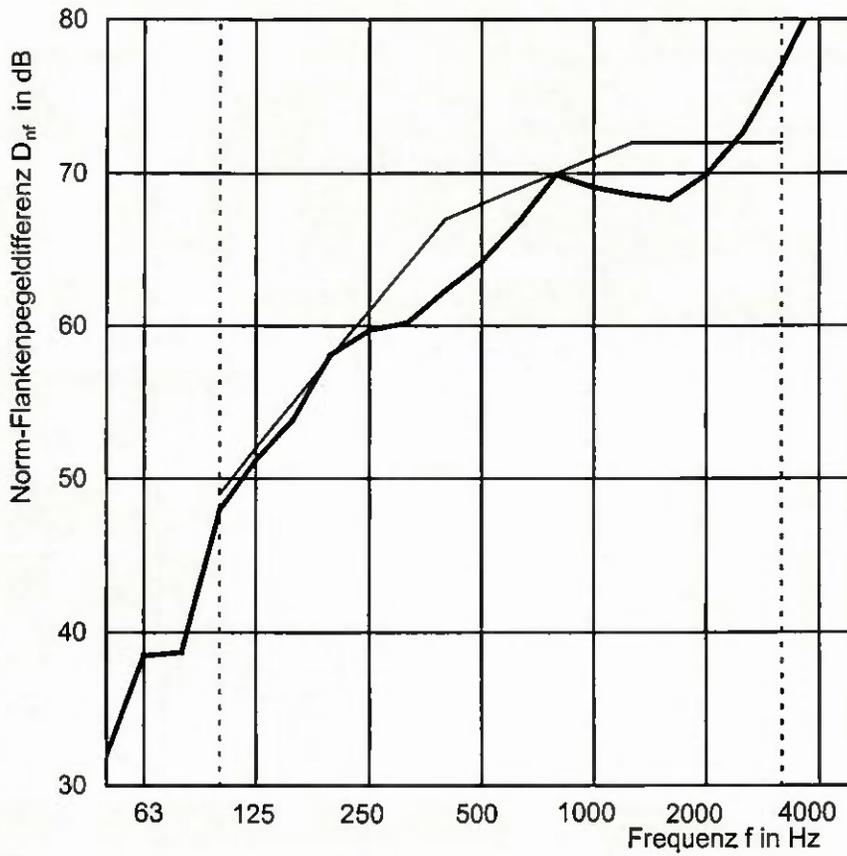


Bild 35 Längsschalldämmung von Wand 9 ohne Trennwandanschluss



$D_{n,f,w} (C; C_V)$

— 68 (-2;-5) dB

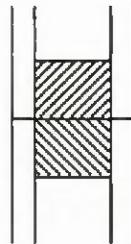
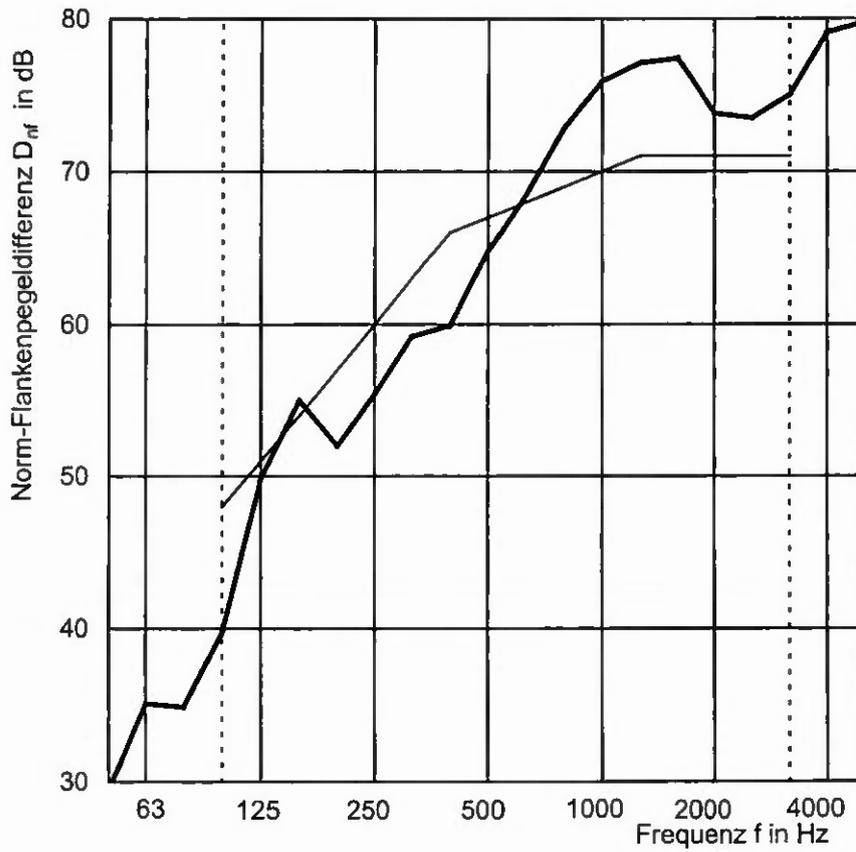
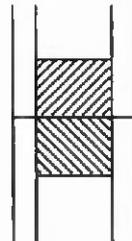


Bild 36 Längsschalldämmung von Wand 2/3 ohne Trennwandanschluss, nicht verschraubt

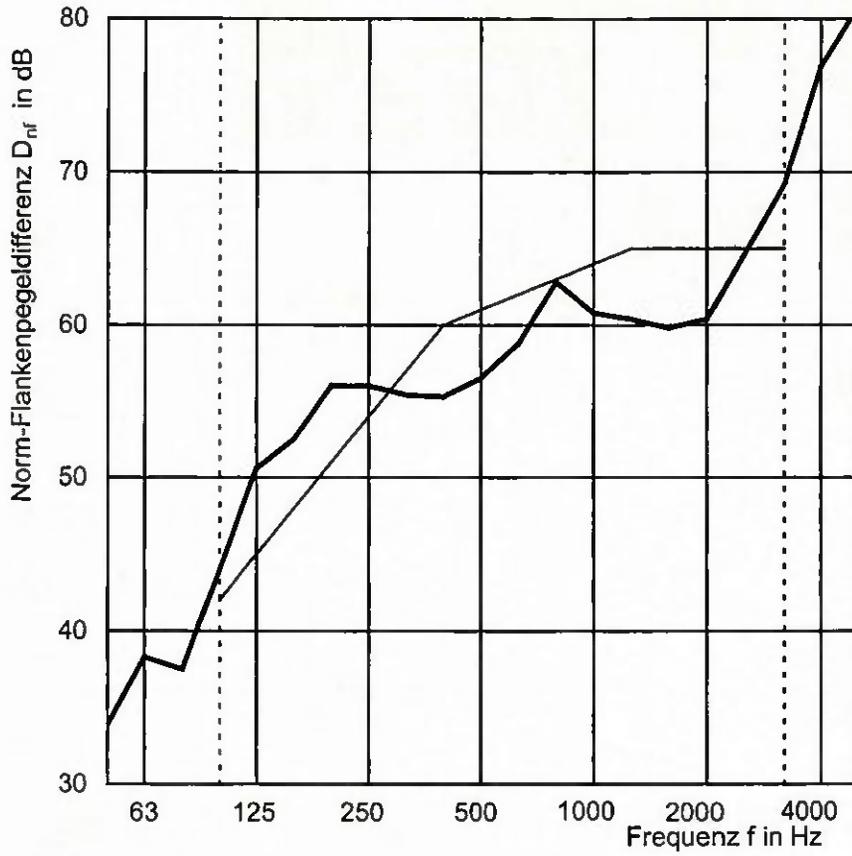


$D_{n.f.w} (C; C_v)$

— 67 (-3;-9) dB



**Bild 37** Längsschalldämmung von Wand 9 ohne Trennwandanschluss, nicht verschraubt (Schwelle und Rähm getrennt)



$D_{n,f,w} (C;C_v)$

— 61 (-1;-3) dB

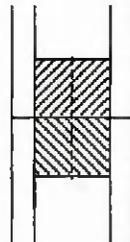
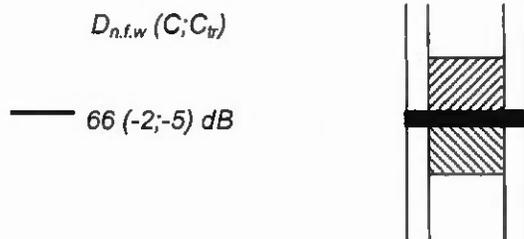
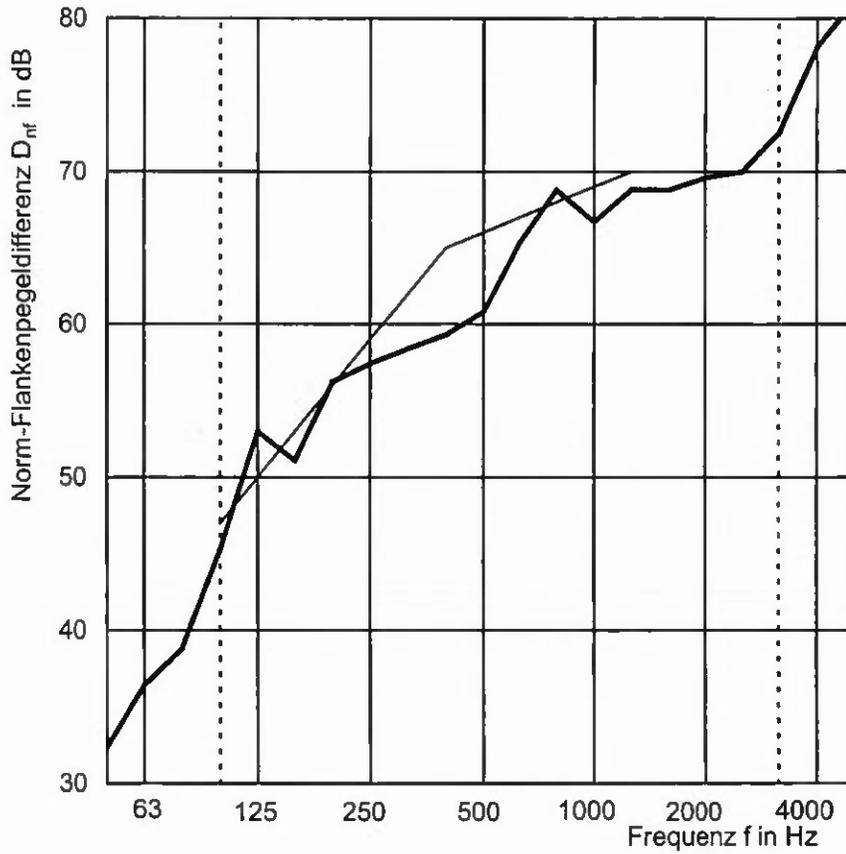
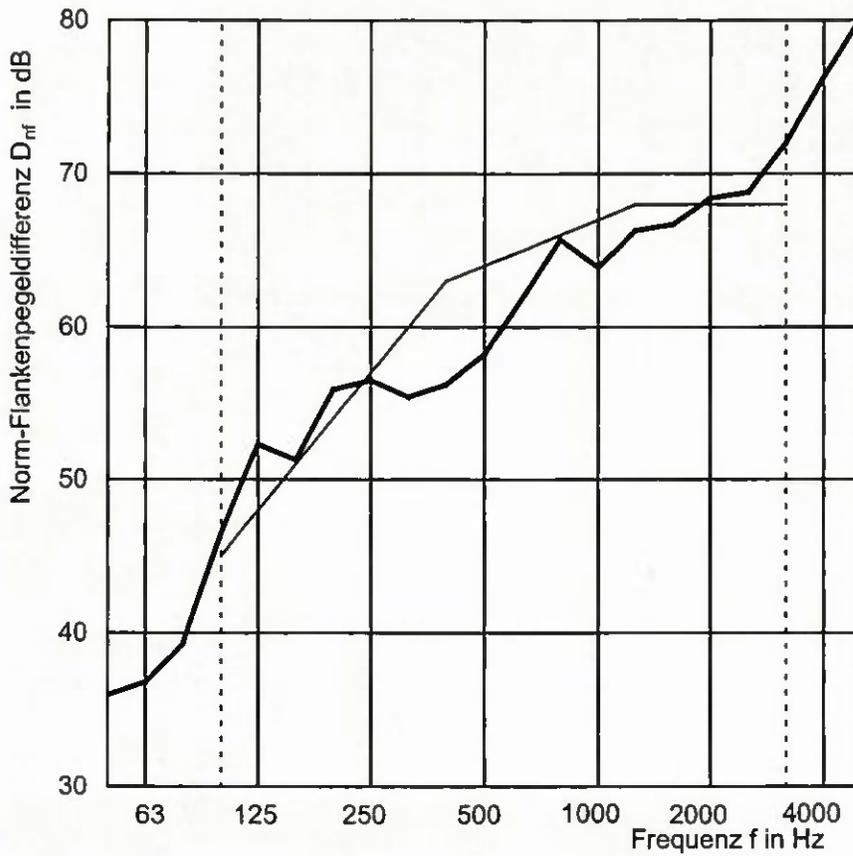


Bild 38 Längsschalldämmung von Wand 2/3 ohne Trennwandanschluss, verschraubt

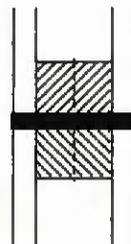


**Bild 39** Längsschalldämmung von Wand 2/3 ohne Trennwandanschluss, nicht verschraubt, mit elastischem Layer

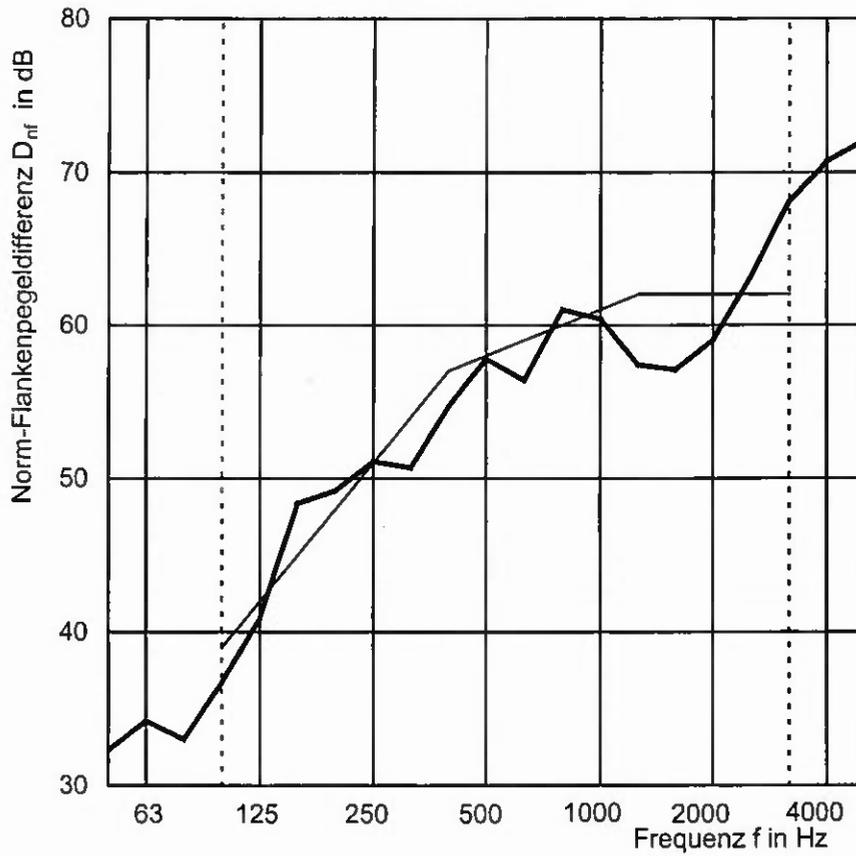


$D_{n,f,w} (C; C_{tr})$

— 64 (-1;-4) dB

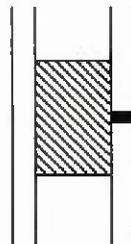


**Bild 40** Längsschalldämmung von Wand 2/3 ohne Trennwandanschluss, verschraubt, mit elastischem Layer

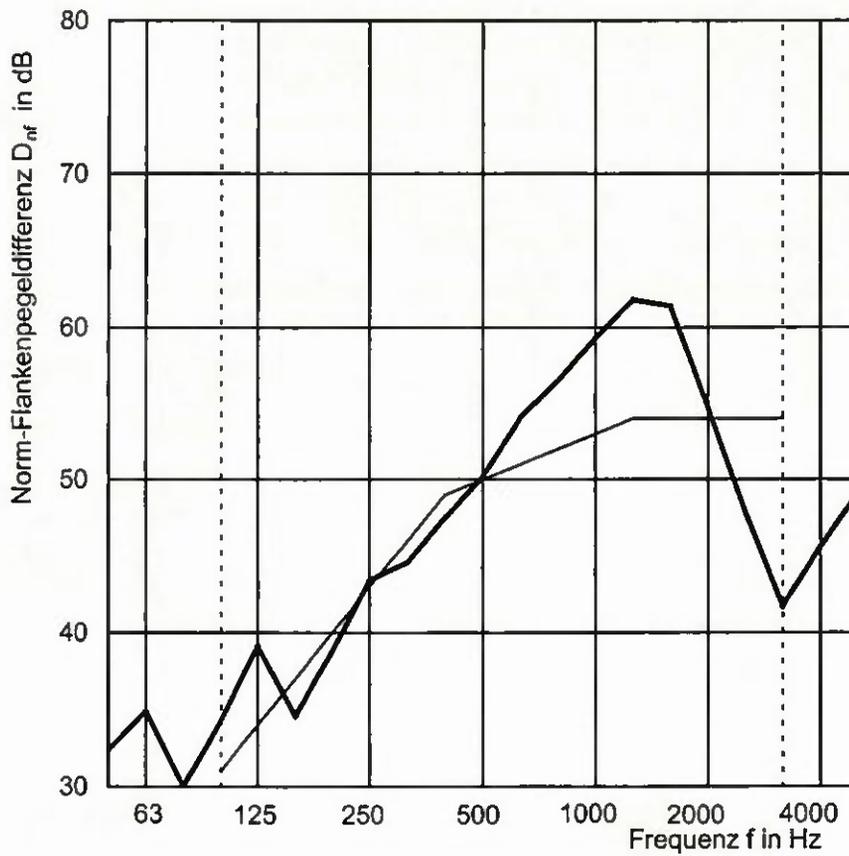


$D_{n,f,w} (C; C_{tr})$

— 58 (-1;-5) dB

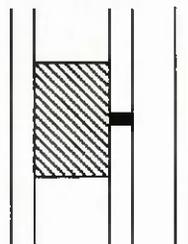


**Bild 41** Längsschalldämmung von Wand 1 ohne Trennwandanschluss, Innere Beplankung getrennt

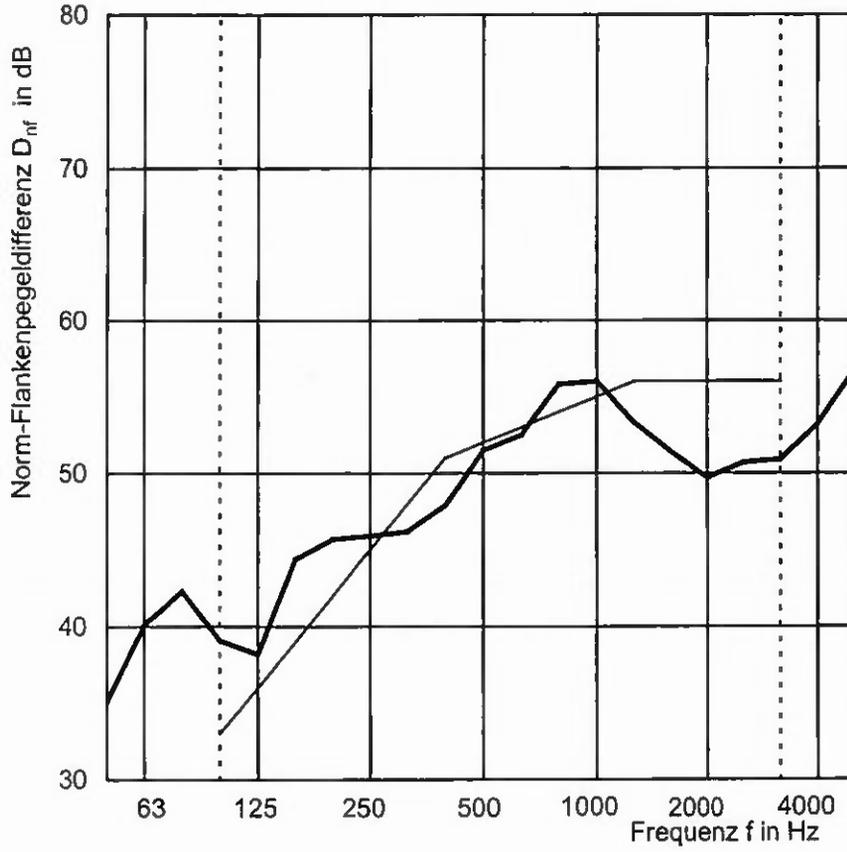


$D_{n,f,w} (C; C_{tr})$

— 50 (-2;-3) dB

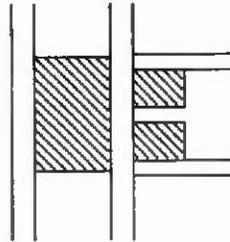


**Bild 42** Längsschalldämmung von Wand 1 ohne Trennwandanschluss mit durchlaufender Vorsatzschale auf Federschien, Innere Beplankung getrennt

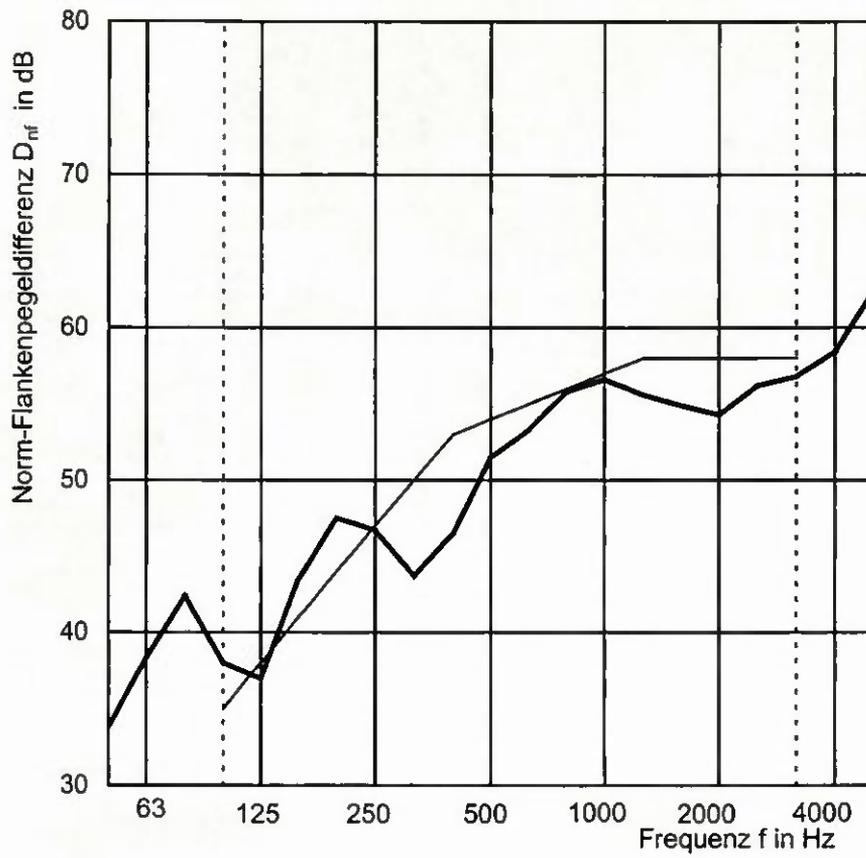


$D_{n,f,w} (C; C_{tr})$

— 52 (-1;-2) dB



**Bild 43** Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, nicht verschraubt



$D_{n.f.w} (C; C_T)$

— 54 (-2; -4) dB

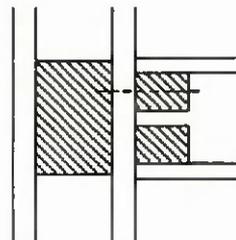
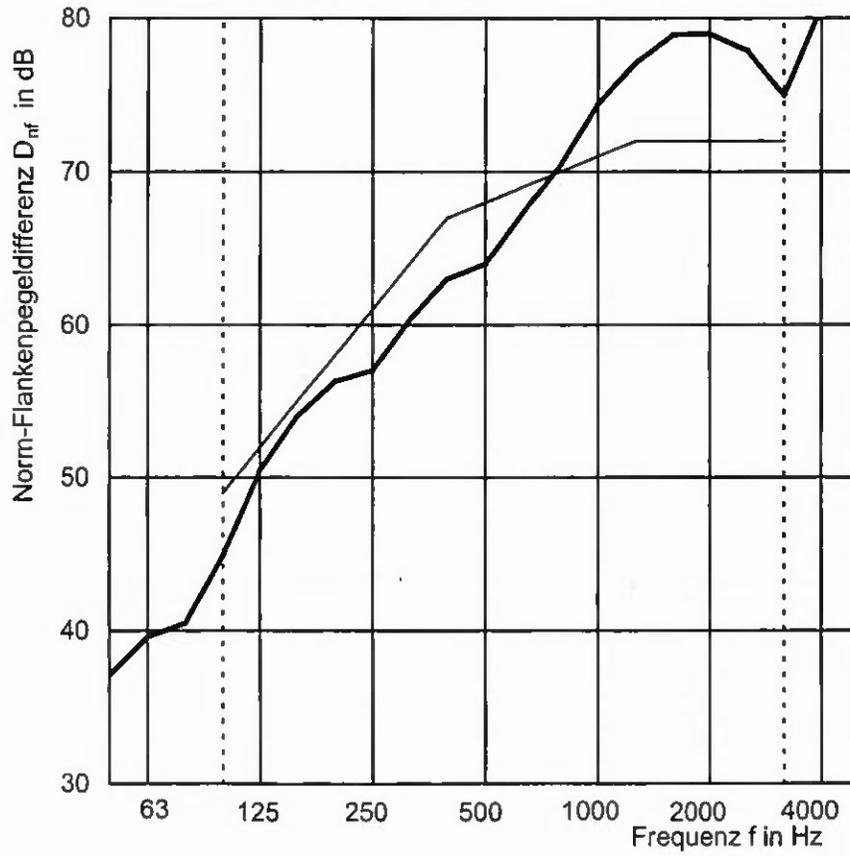
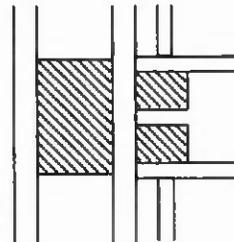


Bild 44 Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, verschraubt

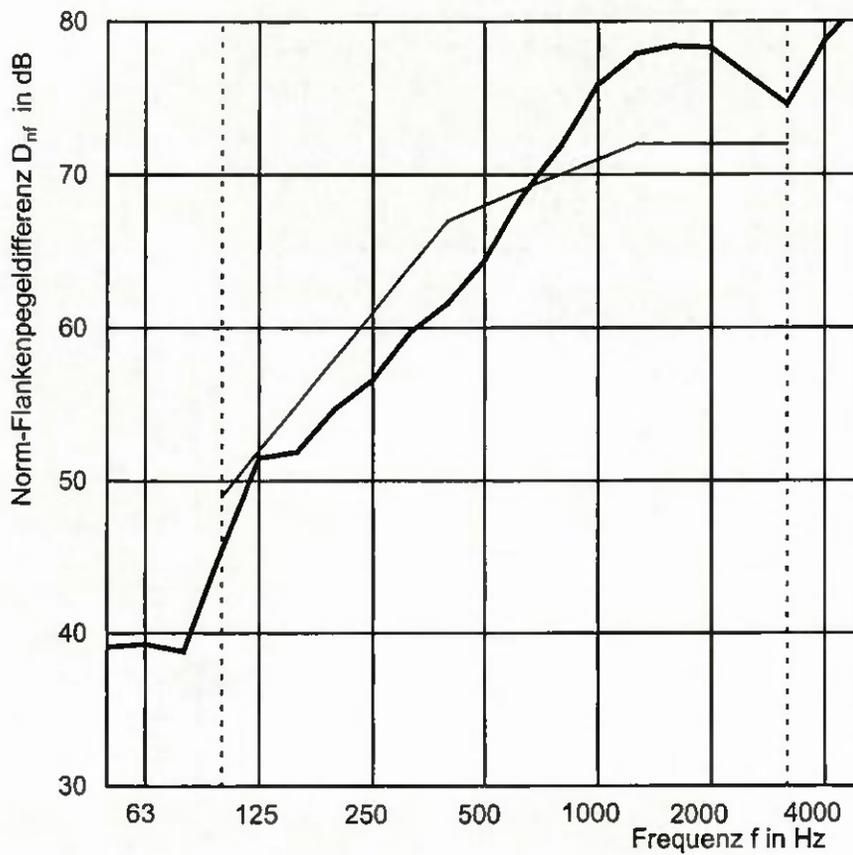


$D_{n.f.w} (C; C_T)$

— 68 (-1; -7) dB

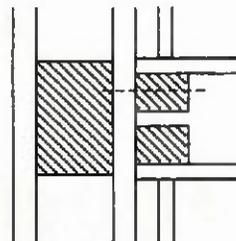


**Bild 45** Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, nicht verschraubt, beidseitig mit Vorsatzschale auf Federschien

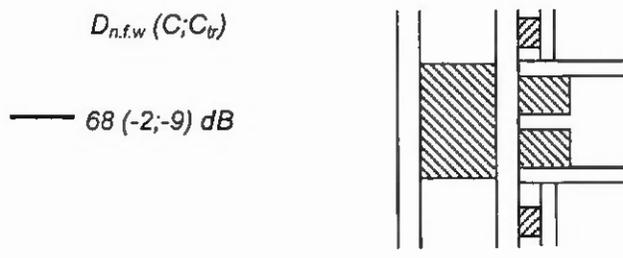
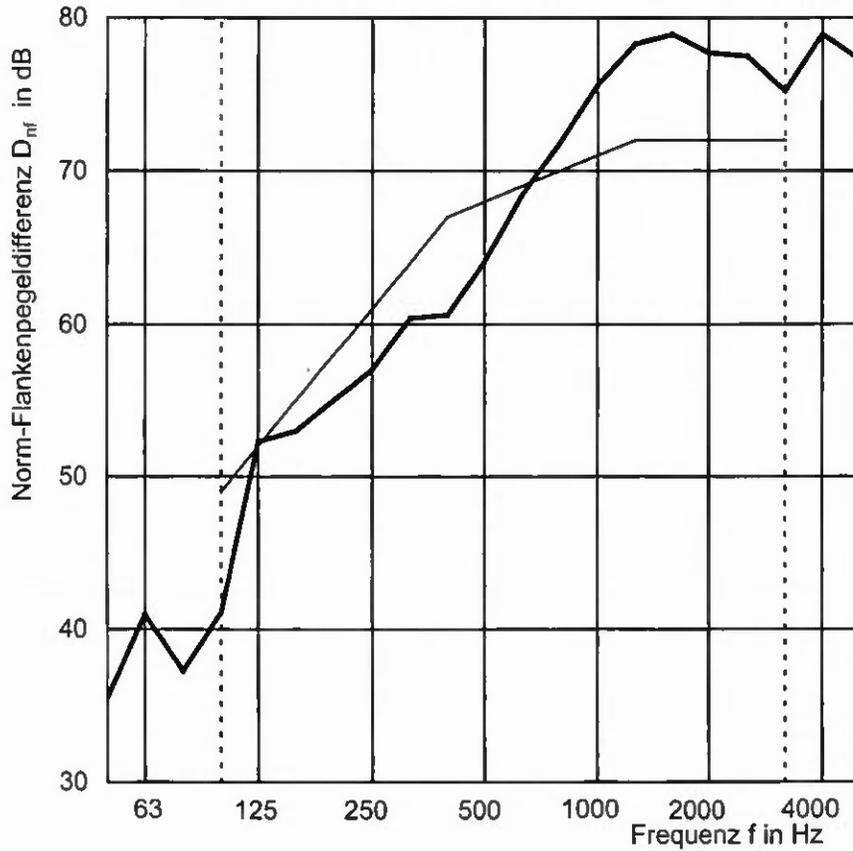


$D_{n,f,w} (C; C_B)$

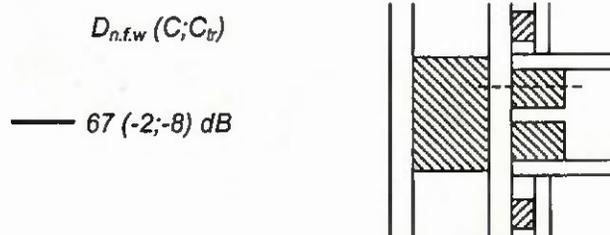
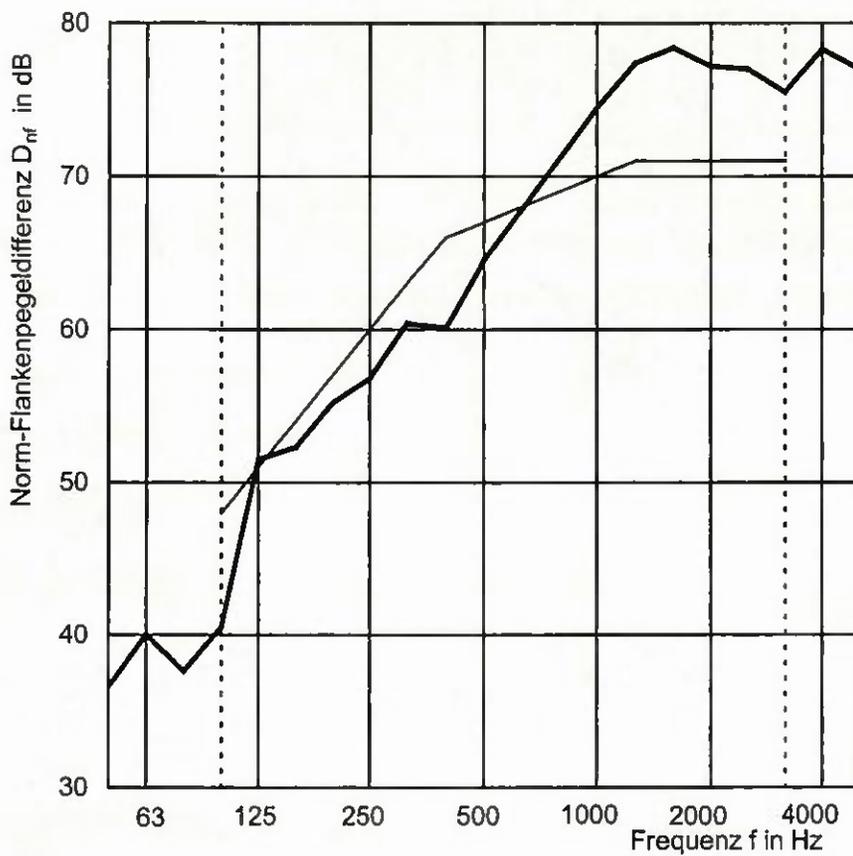
— 68 (-2; -7) dB



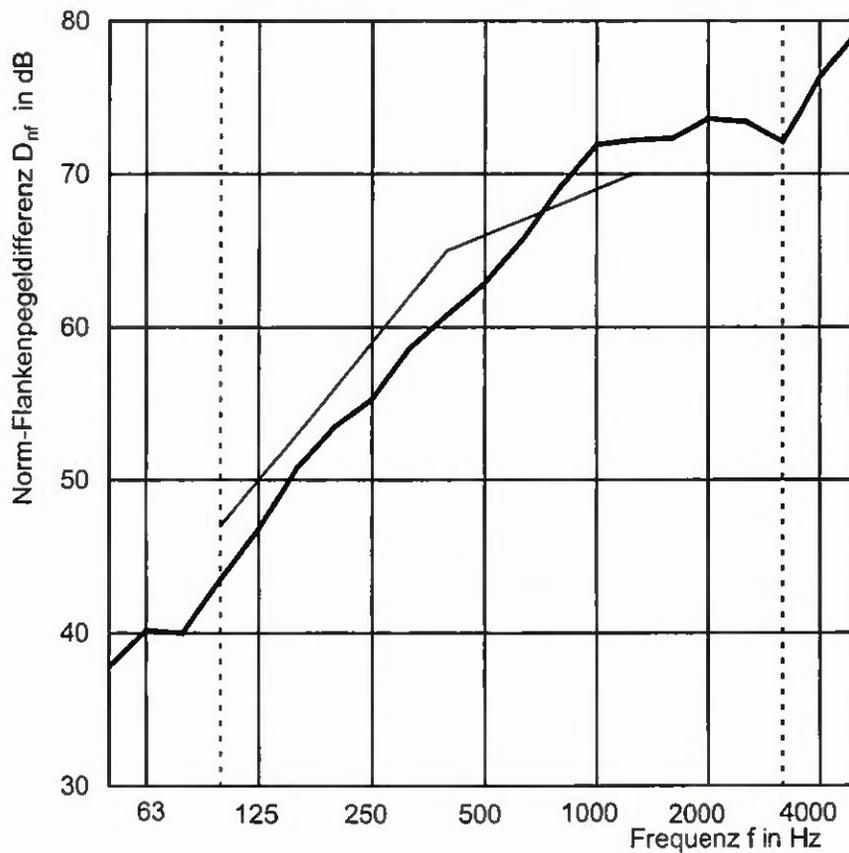
**Bild 46** Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, verschraubt, beidseitig mit Vorsatzschale auf Federschienen



**Bild 47** Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, nicht verschraubt, beidseitig mit Vorsatzschale auf Holzleisten

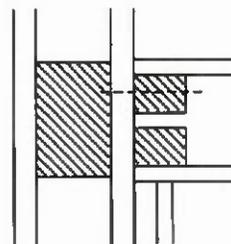


**Bild 48** Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, verschraubt, beidseitig mit Vorsatzschale auf Holzleisten

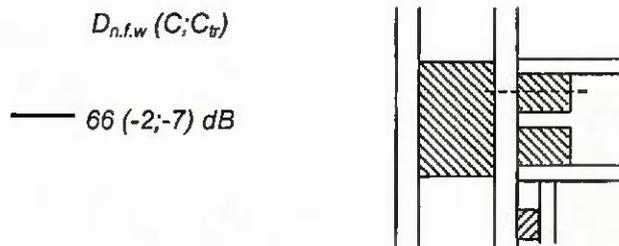
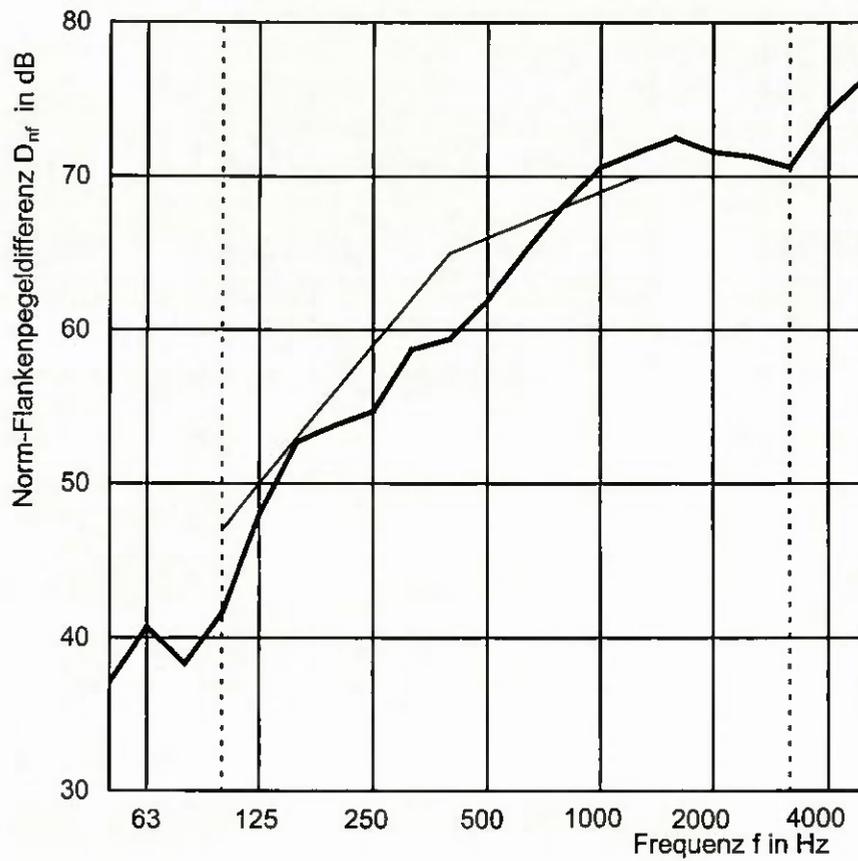


$D_{n,f,w} (C; C_{tr})$

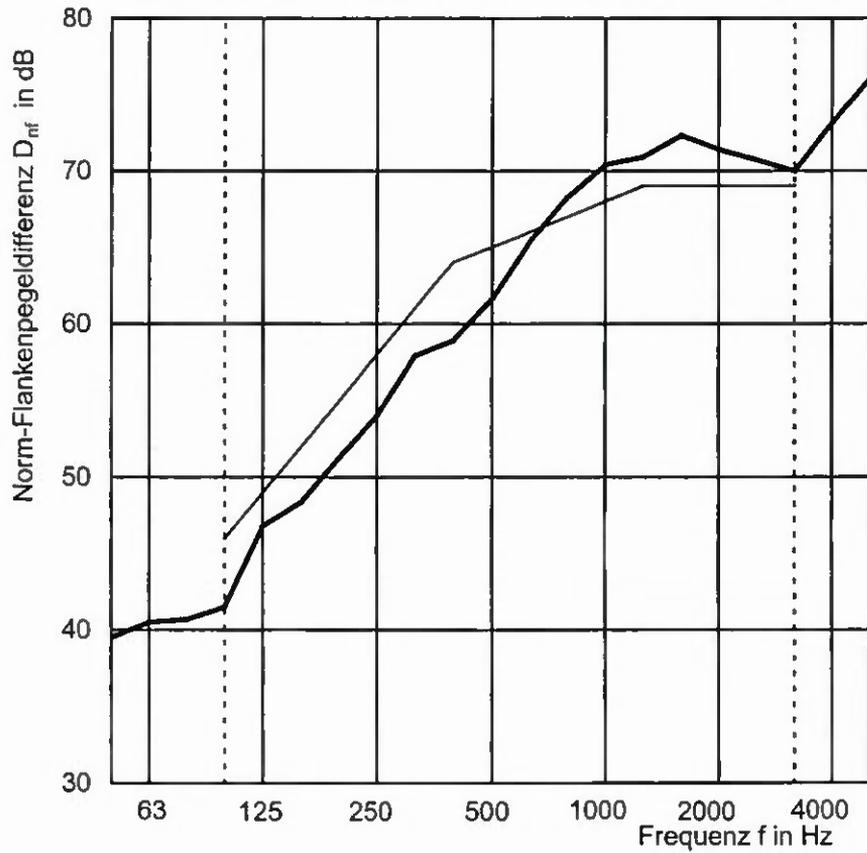
— 66 (-2;-7) dB



**Bild 49** Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, verschraubt, Senderraumseitig mit Vorsatzschale auf Federschiene



**Bild 50** Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, verschraubt, Senderaumseitig mit Vorsatzschale auf Holzleisten



$D_{n,f,w} (C;C_T)$

— 65 (-2;-7) dB

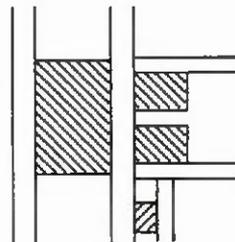
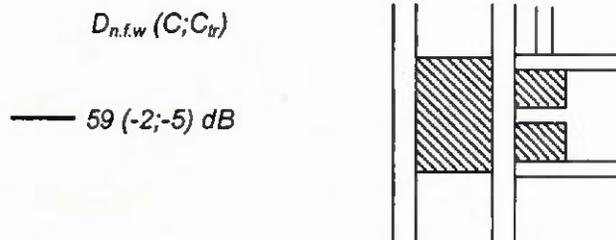
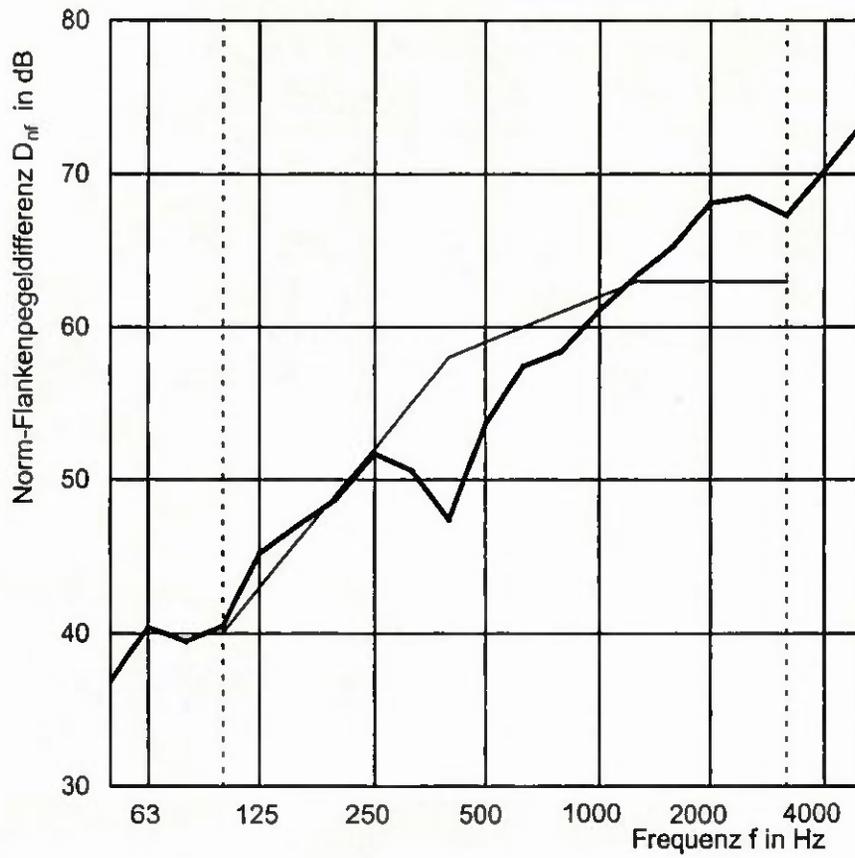
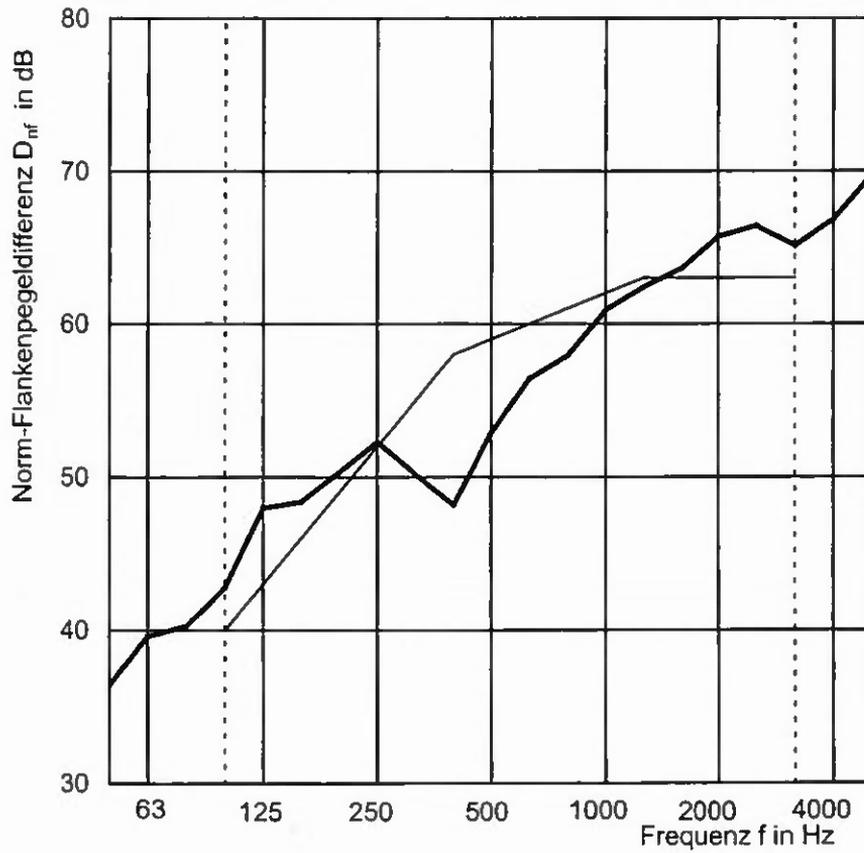


Bild 51 Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, nicht verschraubt, Senderraumseitig mit Vorsatzschale auf Holzleisten

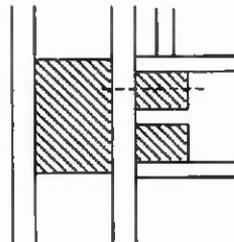


**Bild 52** Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, nicht verschraubt, Empfangsraumseitig mit Vorsatzschale auf Federschielen

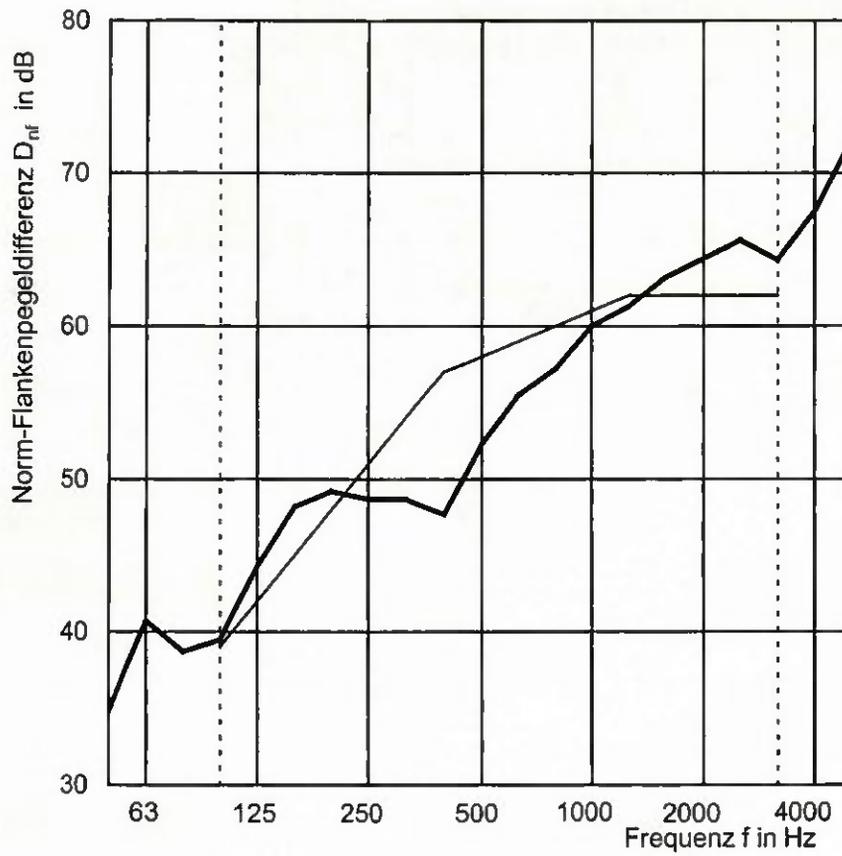


$D_{n.f.w} (C;C_v)$

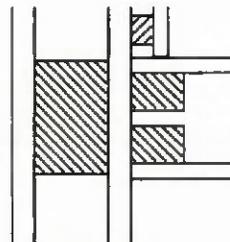
— 59 (-2;-4) dB



**Bild 53** Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, verschraubt, Empfangsraumseitig mit Vorsatzschale auf Federschielen



$D_{n,f,w} (C;C_V)$   
 — 58 (-2;-5) dB



**Bild 54** Längsschalldämmung von Wand 1 mit Trennwandanschluss Wand 5, nicht verschraubt, Empfangsraumseitig mit Vorsatzschale auf Holzleisten

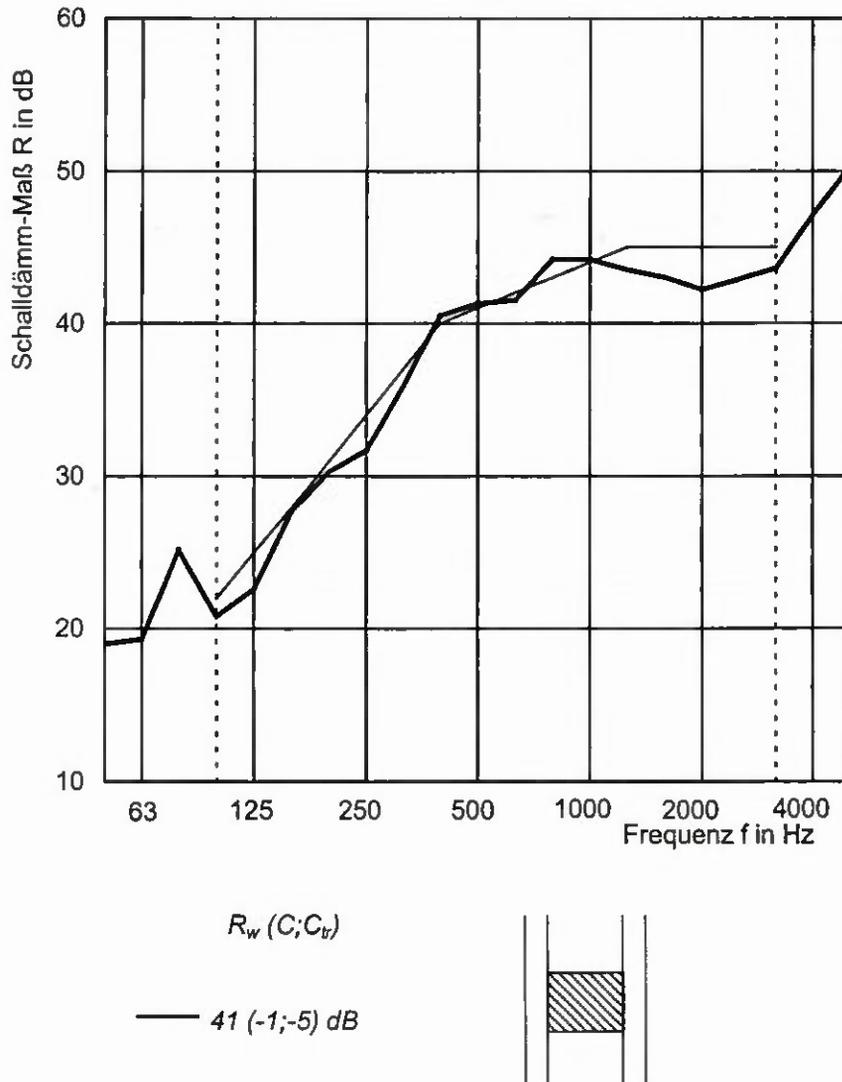
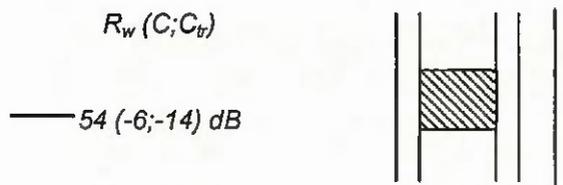
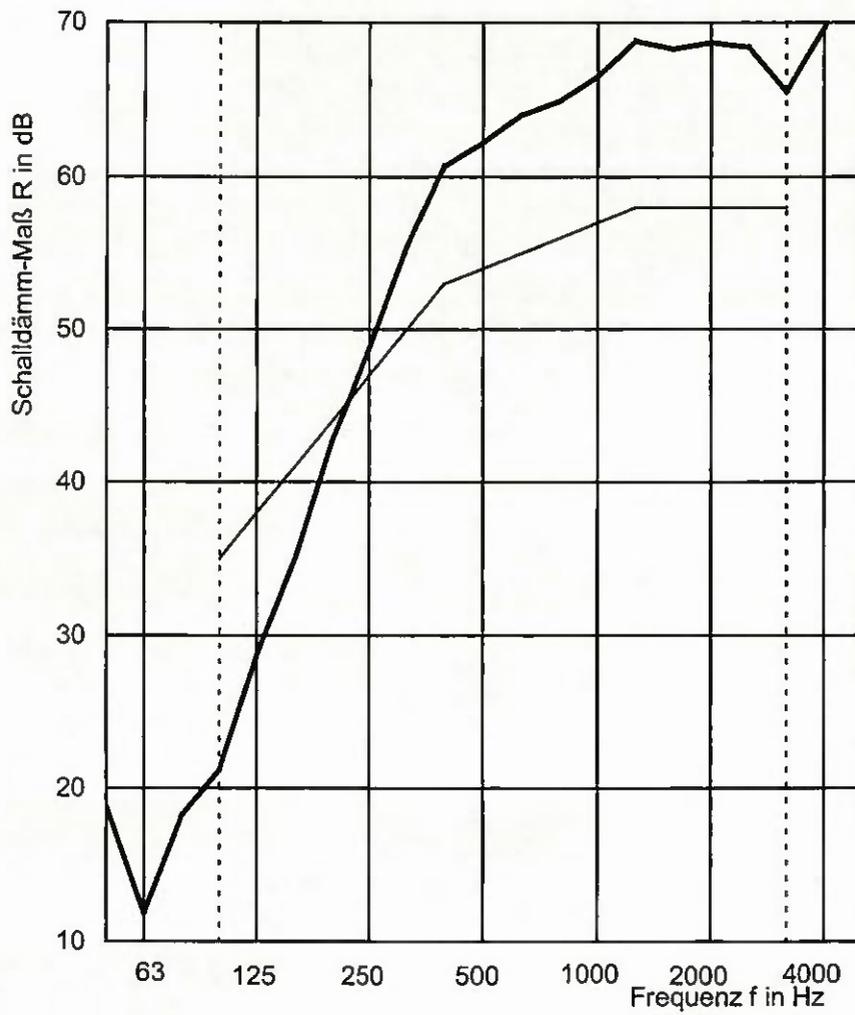
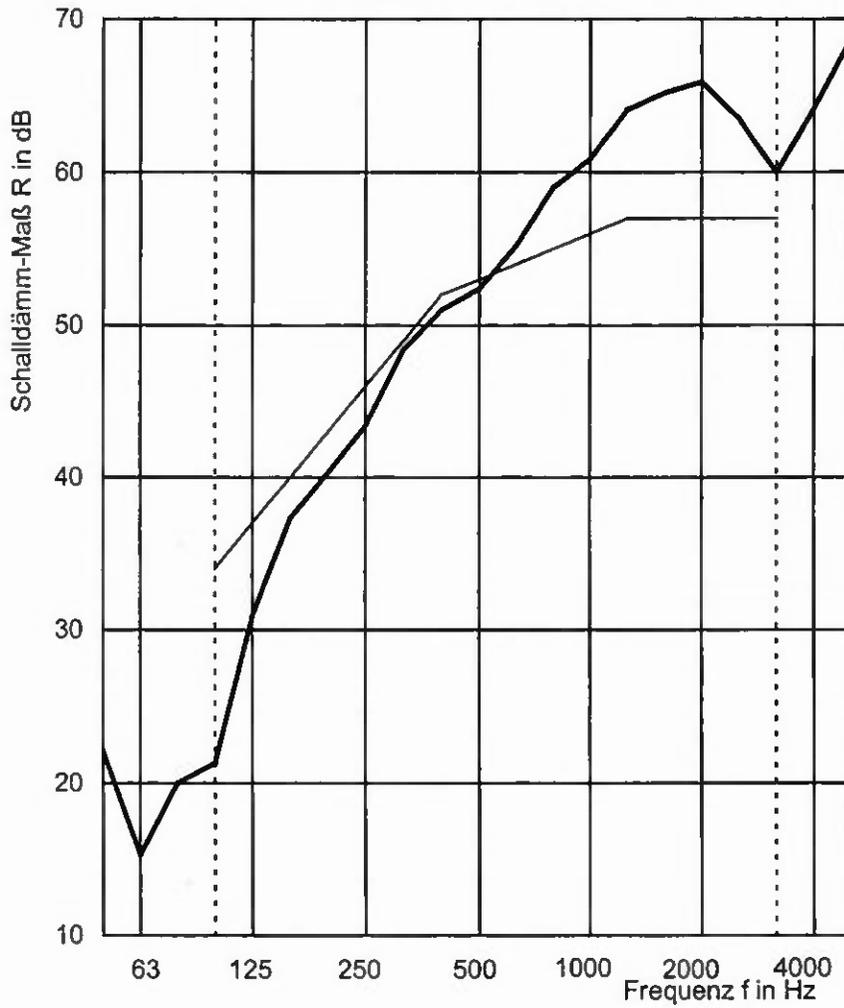


Bild 55 Luftschalldämmung der Außenwand im Wandprüfstand (Wand 2)



**Bild 56** Luftschalldämmung der Außenwand im Wandprüfstand (Wand 2) mit Vorsatzschale auf Federschielen



$R_w(C;C_{tr})$

— 53 (-5;-13) dB

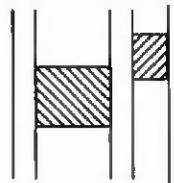
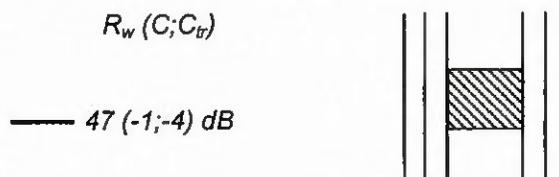
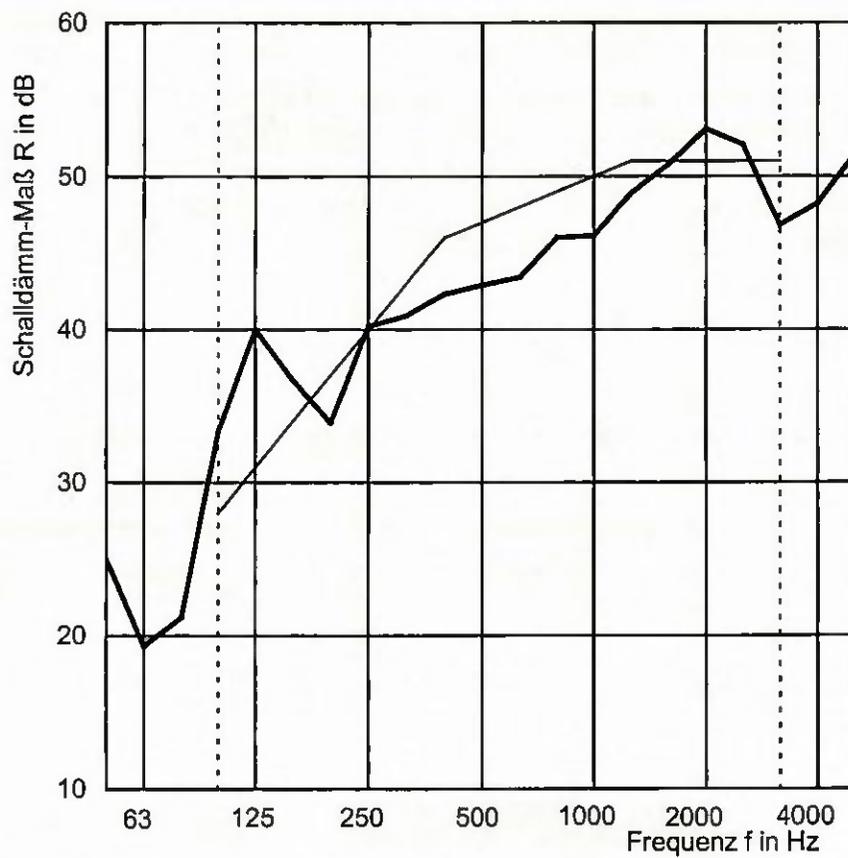


Bild 57 Luftschalldämmung der Außenwand im Wandprüfstand (Wand 2) mit Vorsatzschale auf Holzleisten



**Bild 58** Luftschalldämmung der Innenwand mit einfachem Ständer im Wandprüfstand (Wand 6)

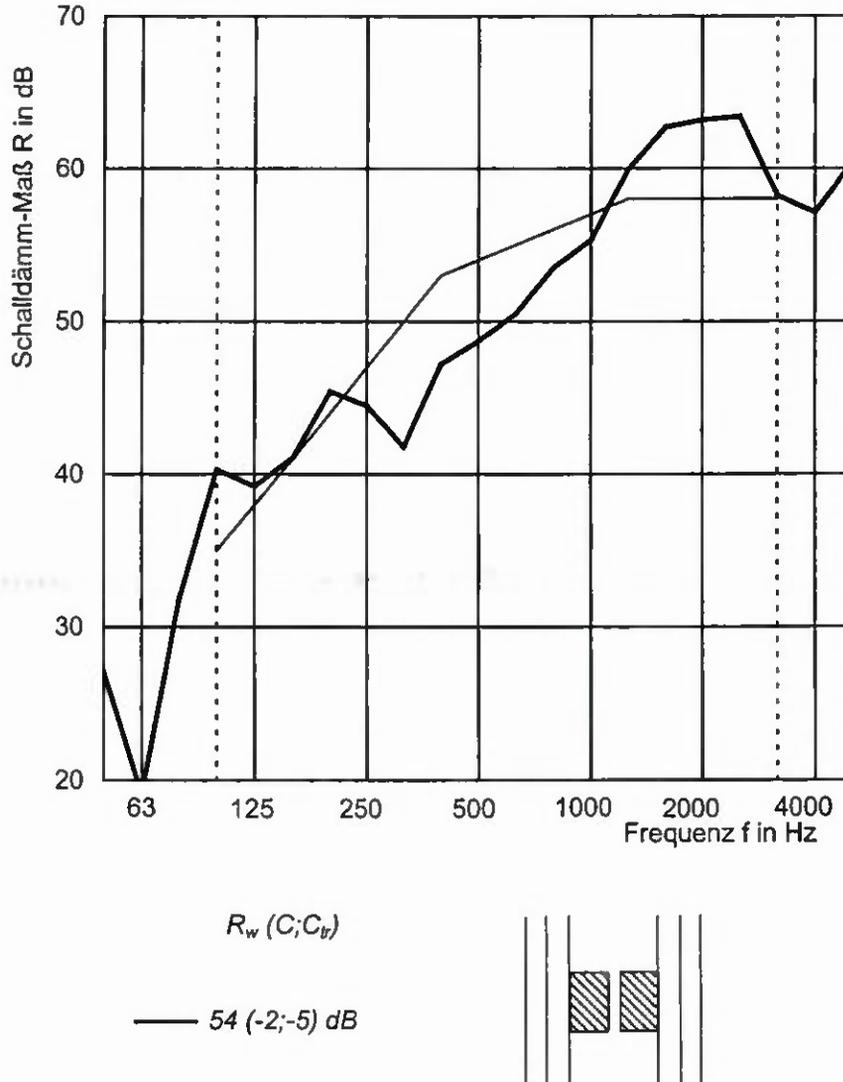
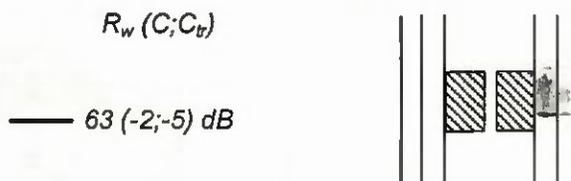
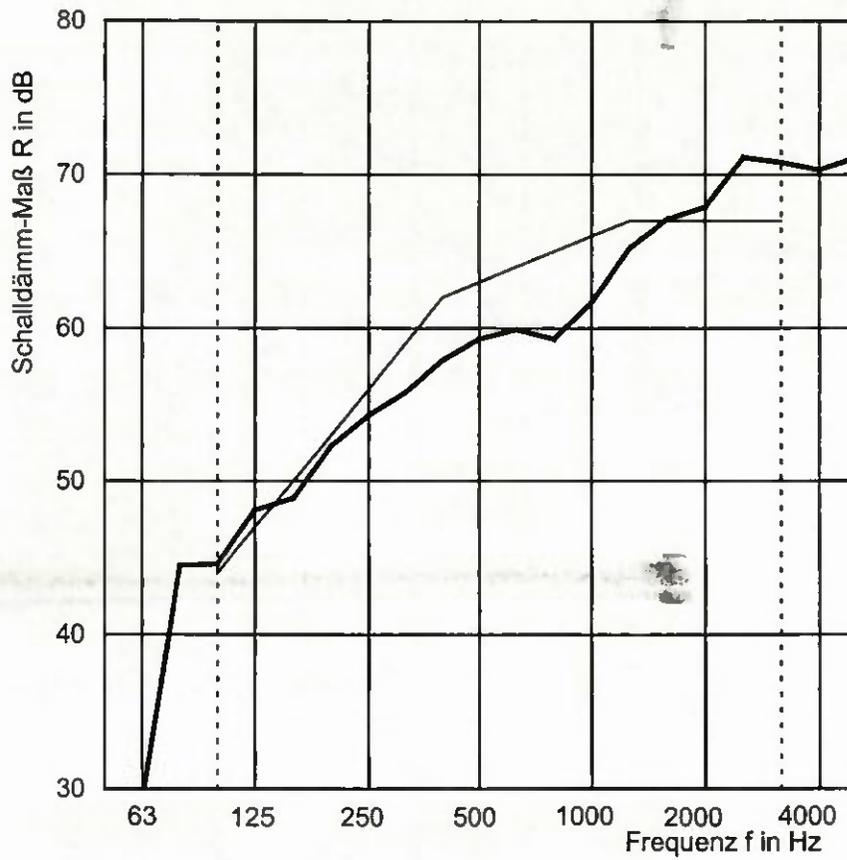


Bild 59 Luftschalldämmung der Innenwand mit getrennten Ständern im Wandprüfstand (Wand 4), Schwelle und Rähm durchgehend



**Bild 60** Luftschalldämmung der Innenwand mit vollständig getrennten Ständern im Wandprüfstand (Wand 10)

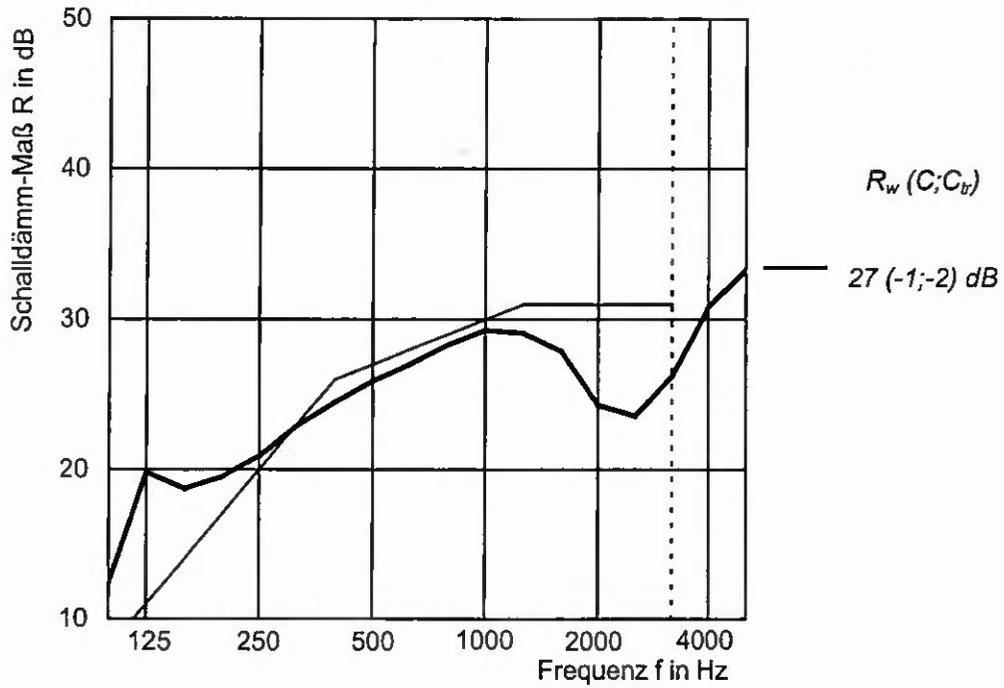


Bild 61 Luftschalldämmung einer OSB-Platte 12 mm

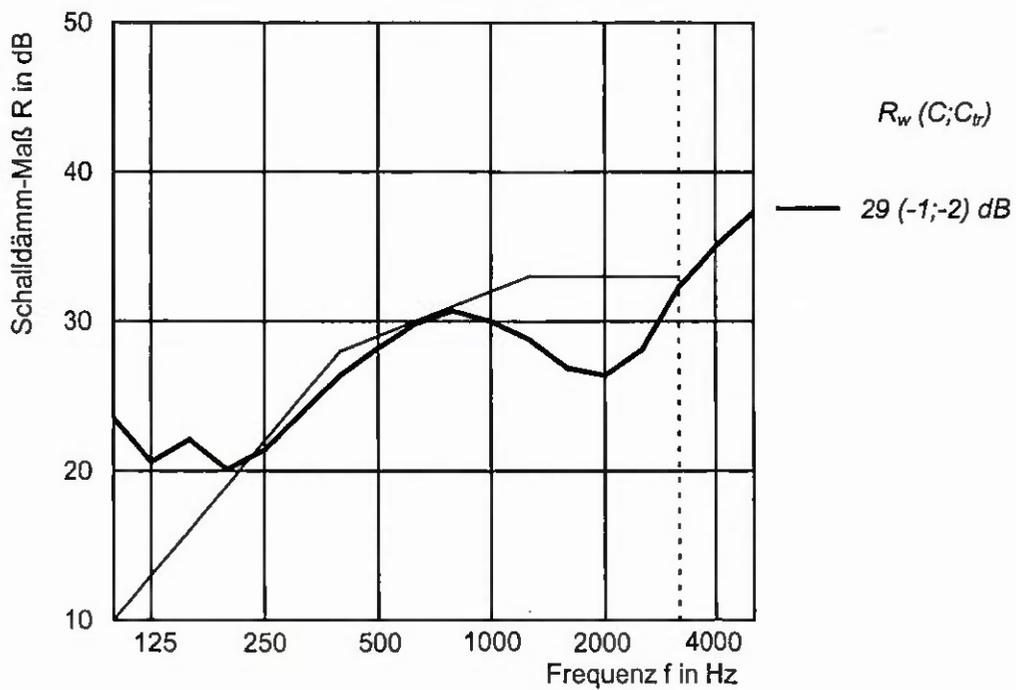


Bild 62 Luftschalldämmung einer OSB-Platte 19 mm

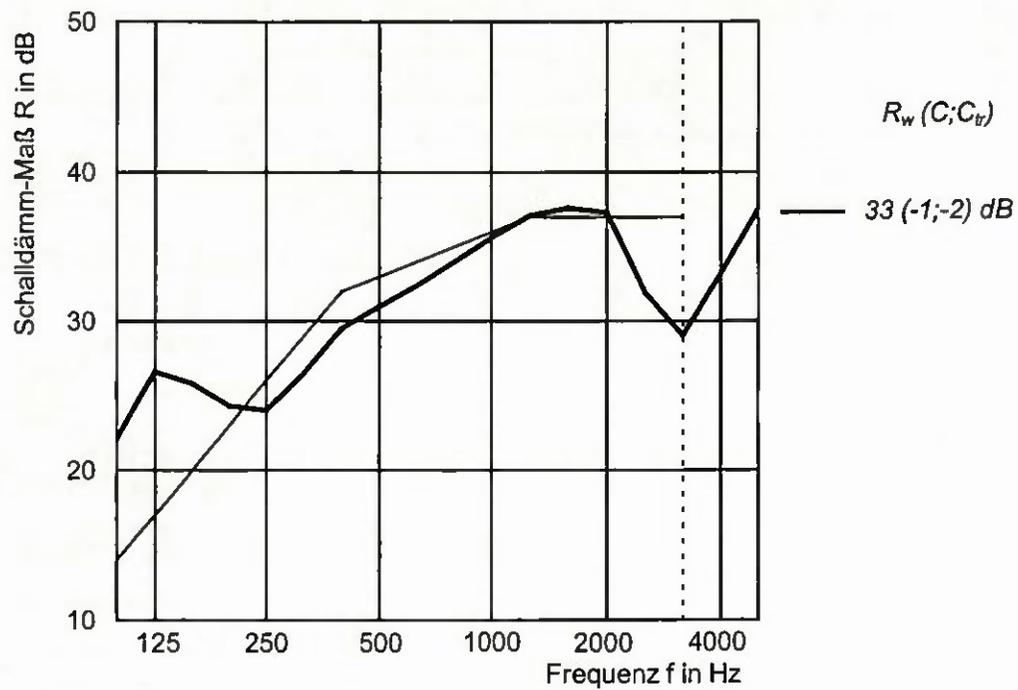
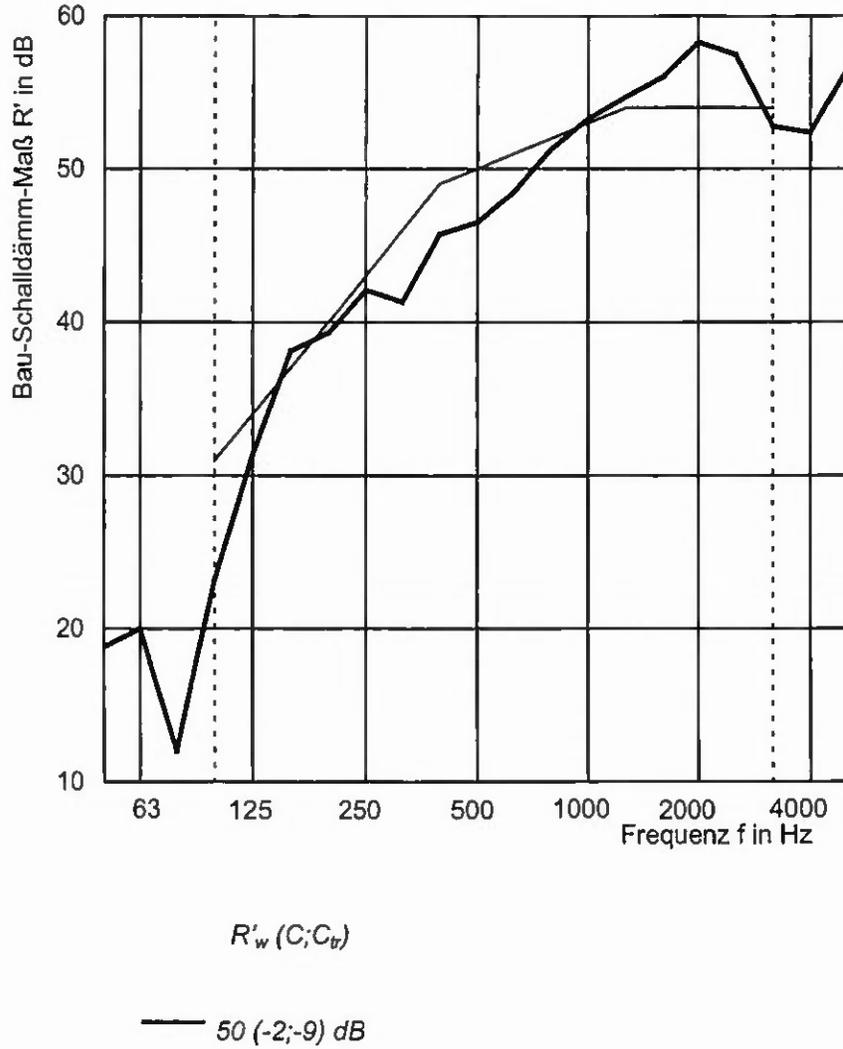
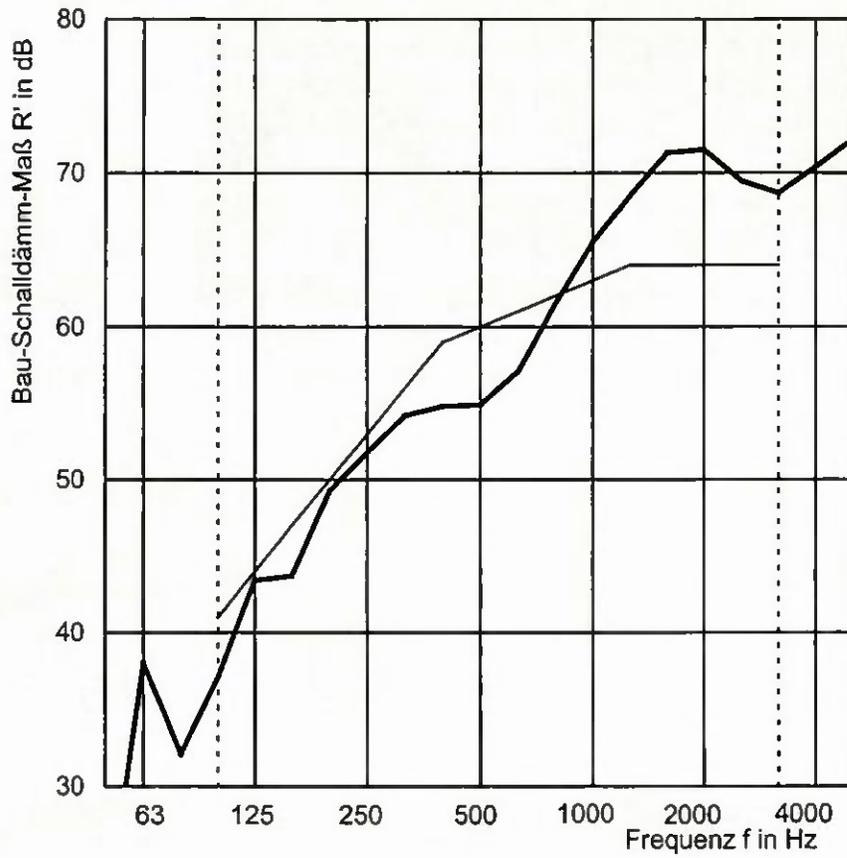


Bild 63 Luftschalldämmung einer Gipsfaserplatte 12,5 mm



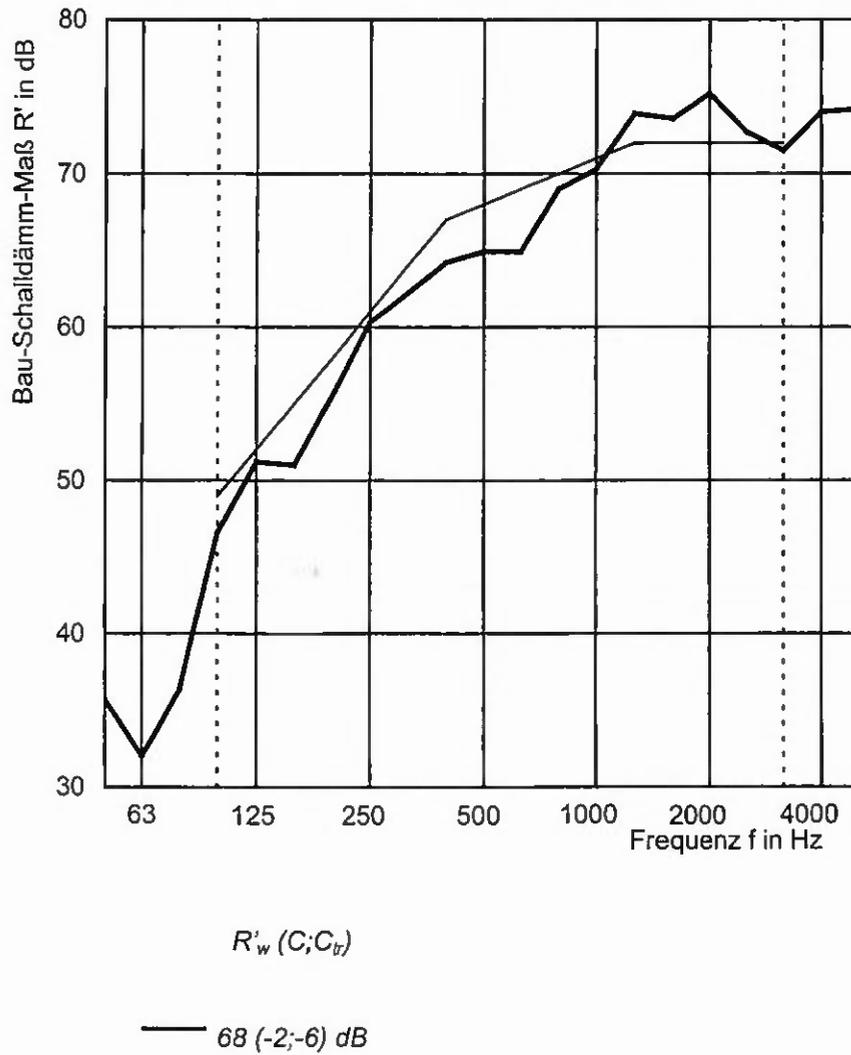
**Bild 64** Luftschalldämmung der Innenwand mit einfachem Ständer am Bau



$R'_w (C; C_{tr})$

— 60 (-1;-6) dB

Bild 65 Luftschalldämmung der Innenwand mit getrennten Ständern am Bau



**Bild 66** Luftschalldämmung einer Trenndecke am Bau, mit schwimmendem Estrich, Unterdecke abgehängt

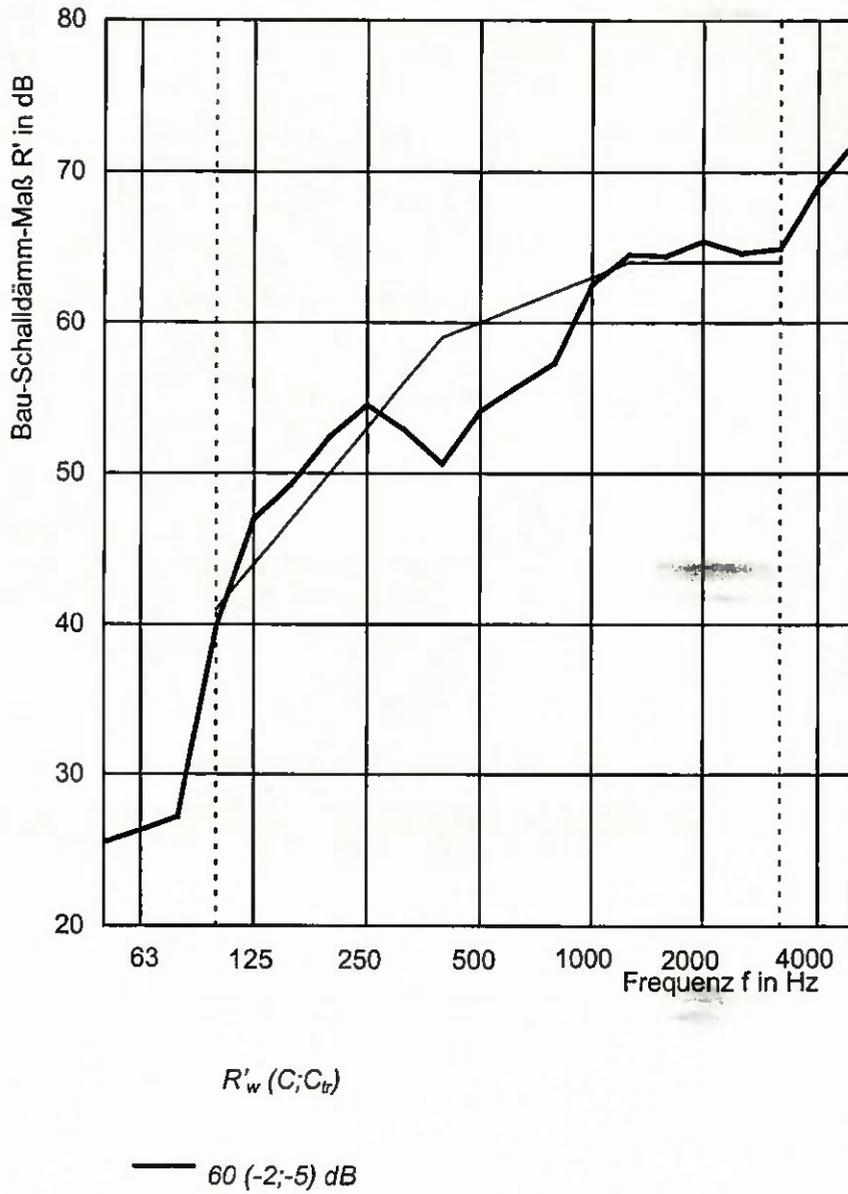
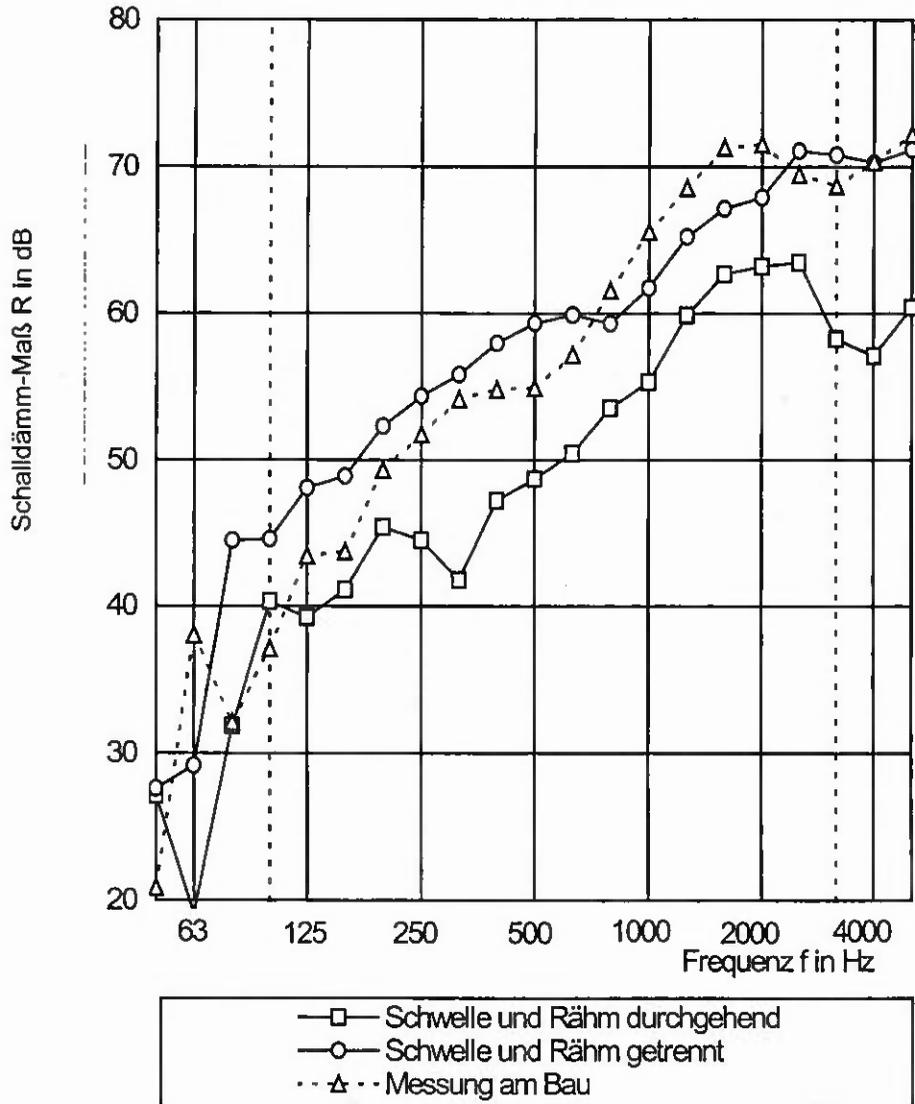


Bild 67 Luftschalldämmung einer Trenndecke mit schwimmendem Estrich am Bau

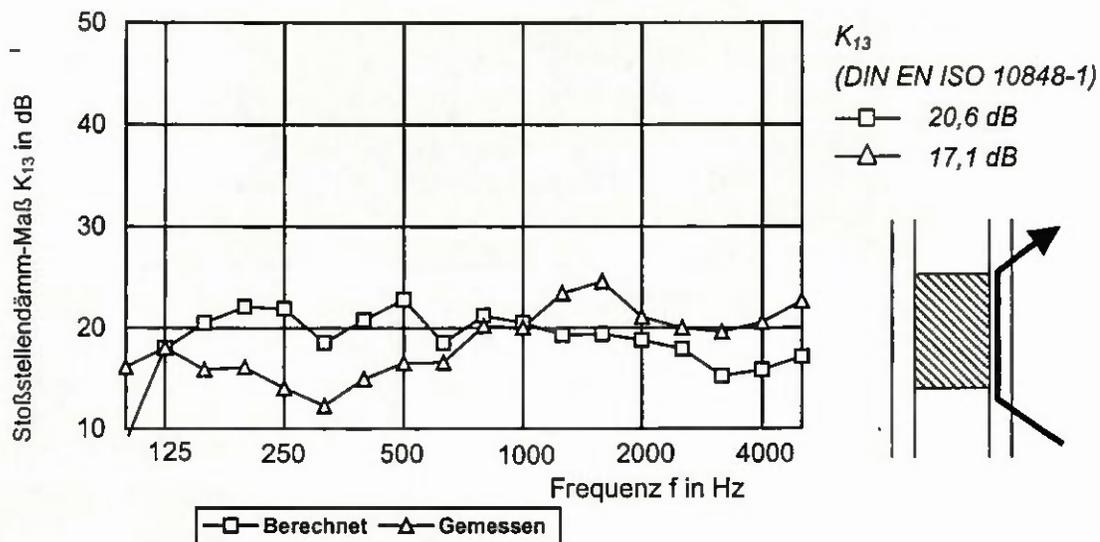


$R_w (C; C_T)$

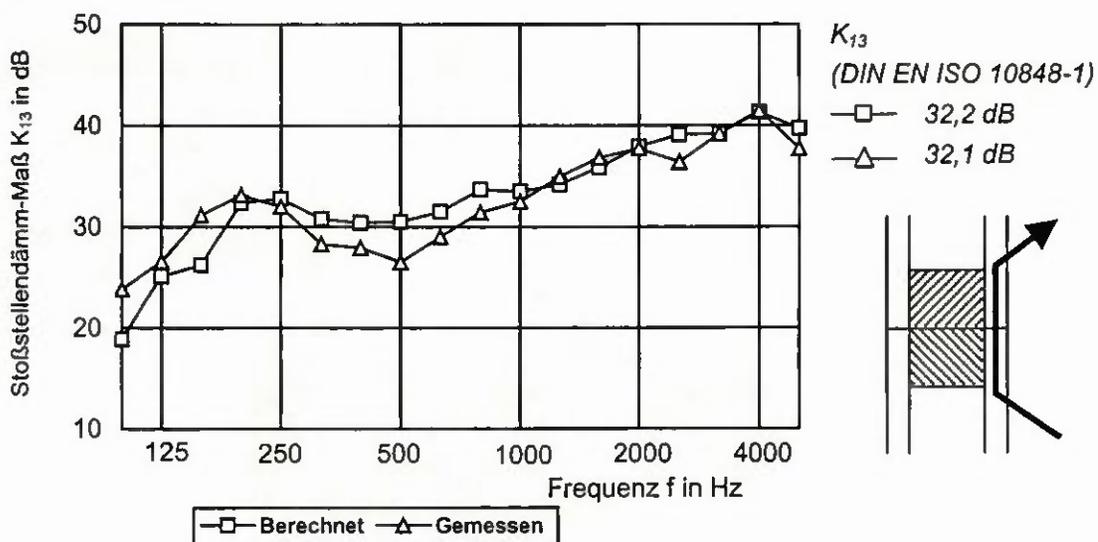
Schwelle und Rähm durchgehend (Wand 4)  
 Schwelle und Rähm getrennt (Wand 10)  
 Messung am Bau

54 (-2;-5) dB  
 63 (-2;-5) dB  
 60 (-1;-6) dB

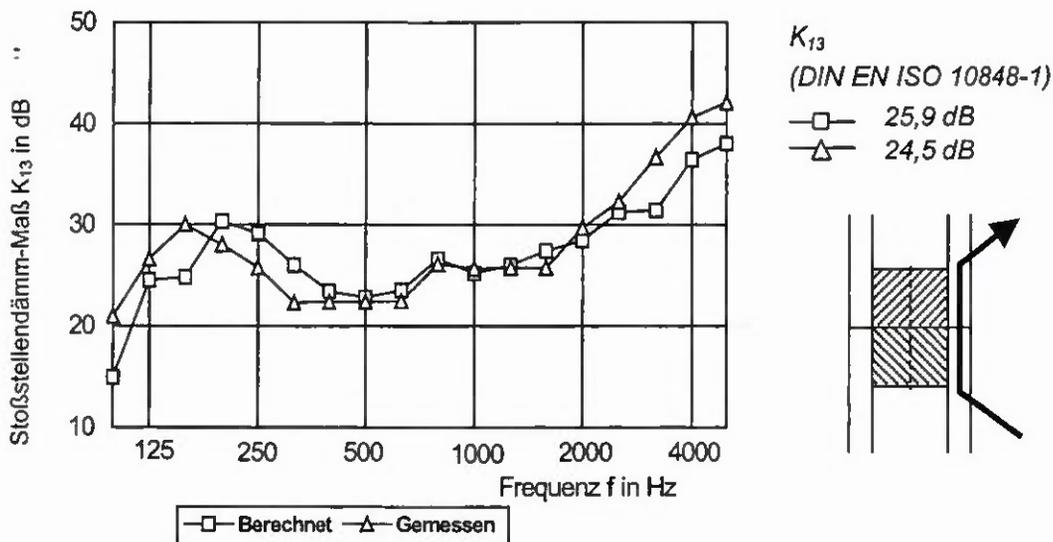
**Bild 68** Luftschalldämmung von Wand 4 und Wand 10 mit getrennten Ständern im Labor



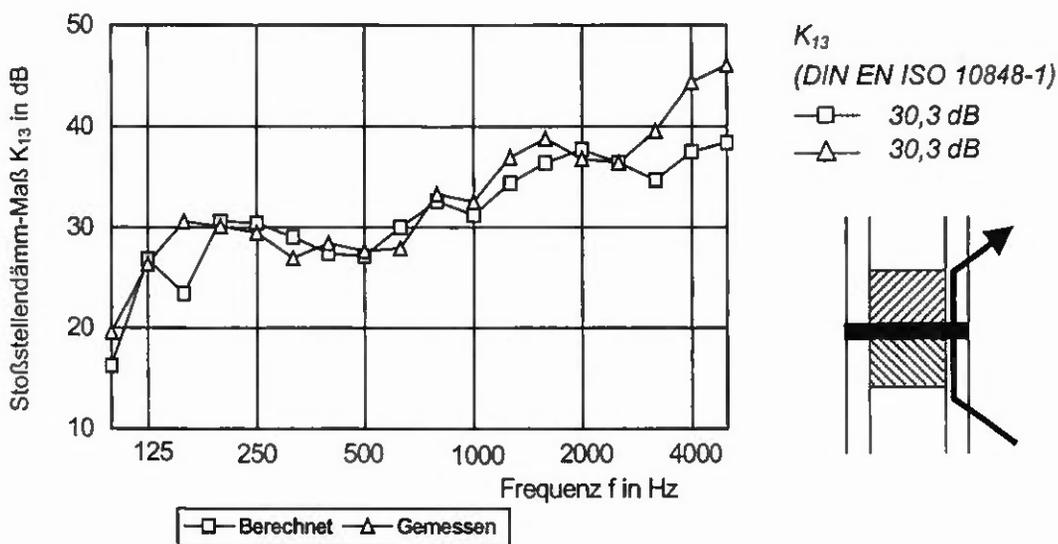
**Bild 69** Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  von Wand 1, gemessen nach Gleichung (5) und berechnet nach Gleichung (6)



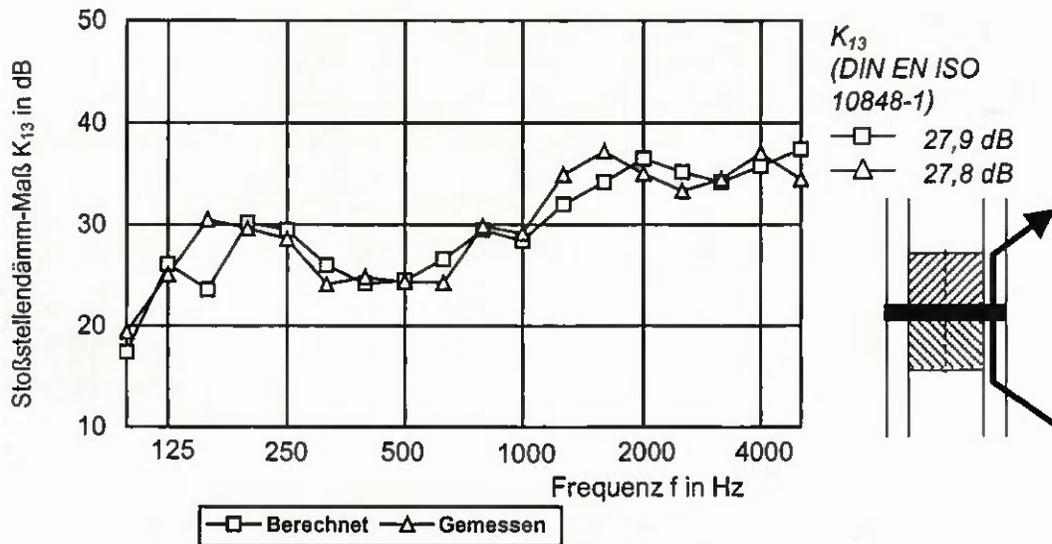
**Bild 70** Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  von Wand 2 und 3, stumpf gestoßen, gemessen nach Gleichung (5) und berechnet nach Gleichung (6)



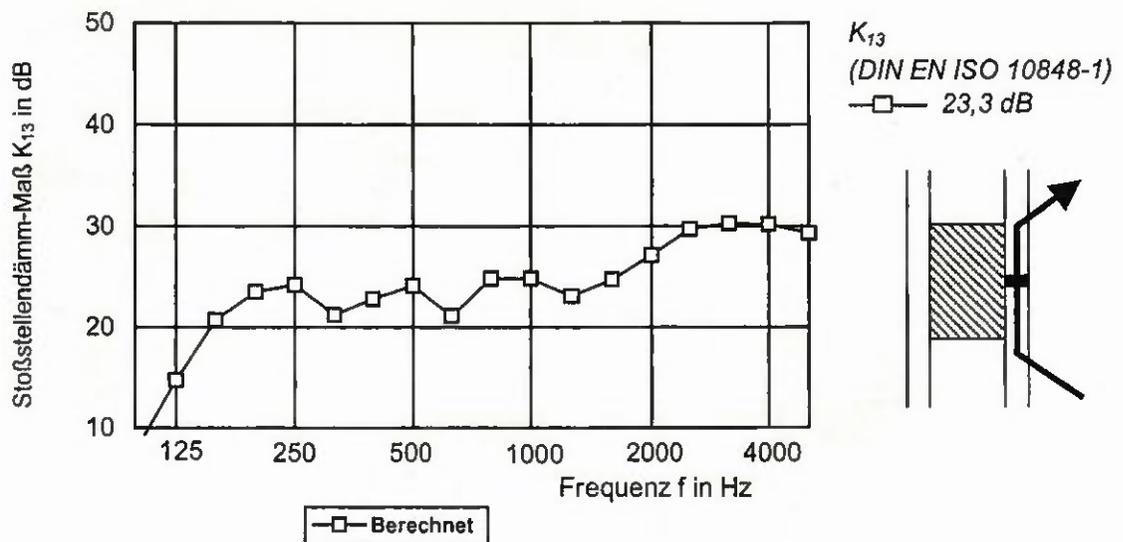
**Bild 71** Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  von Wand 2 und 3, an 3 Punkten verschraubt, gemessen nach Gleichung (5) und berechnet nach Gleichung (6)



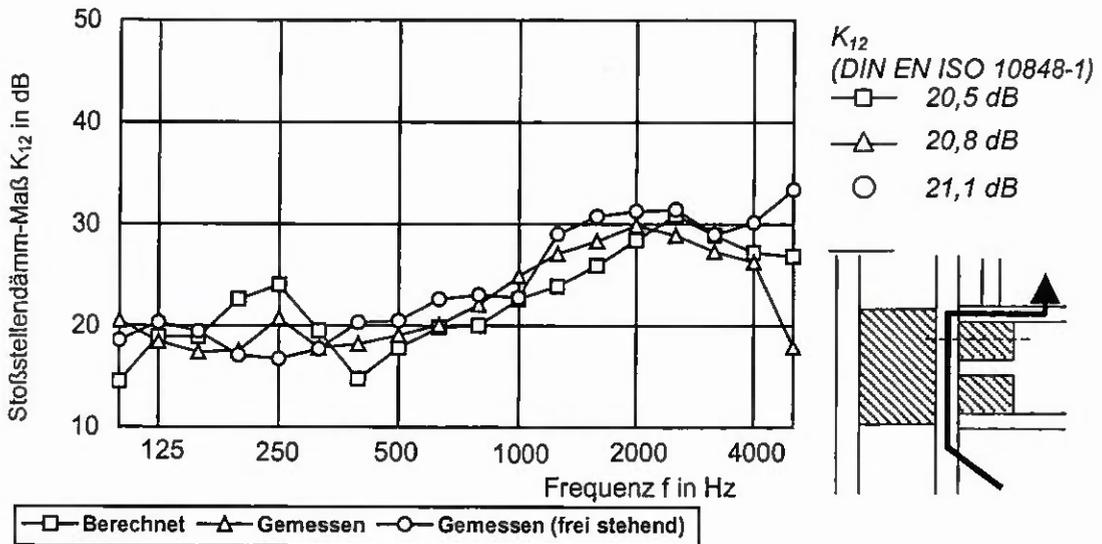
**Bild 72** Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  von Wand 2 und 3, stumpf gestoßen mit elastischer Zwischenlage, gemessen nach Gleichung (5) und berechnet nach Gleichung (6)



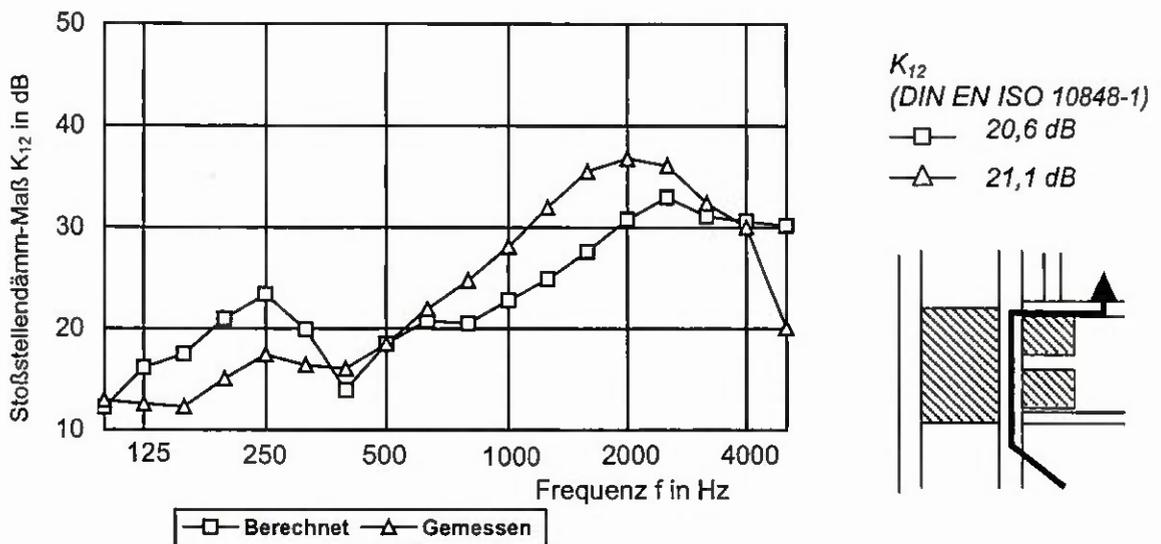
**Bild 73** Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  von Wand 2 und 3, an 3 Punkten verschraubt mit elastischer Zwischenlage, gemessen nach Gleichung (5) und berechnet nach Gleichung (6)



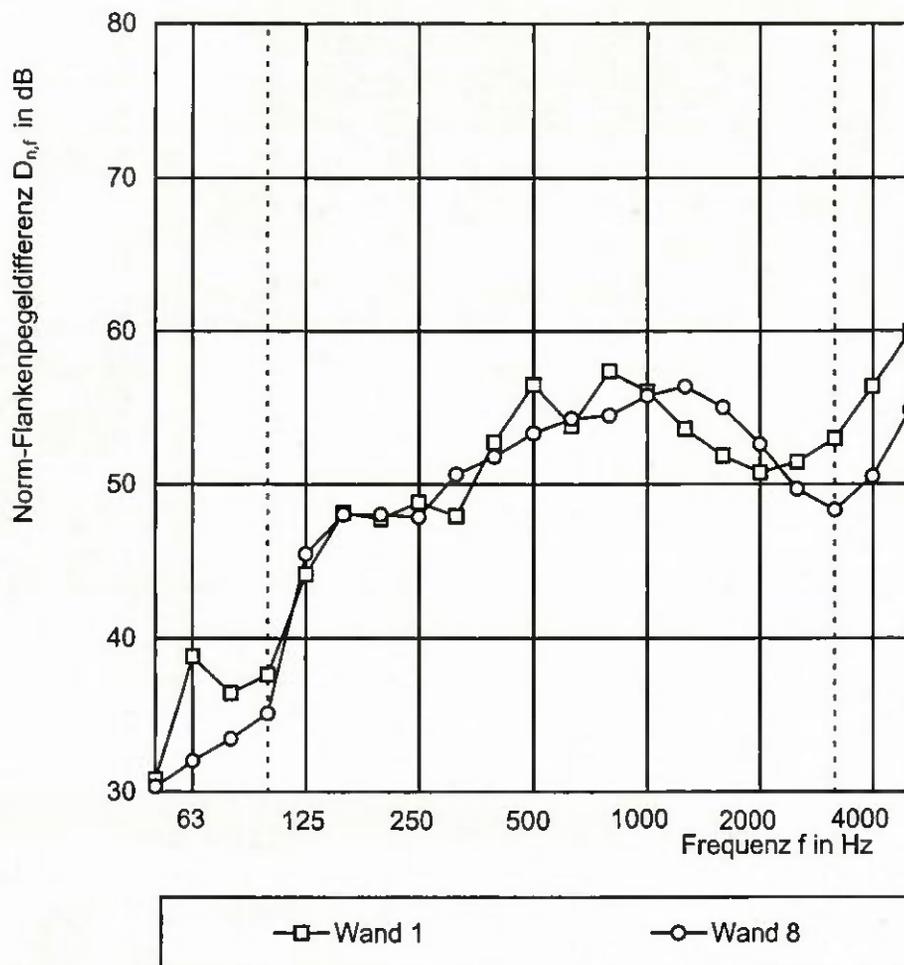
**Bild 74** Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{13}$  von Wand 1 innere Beplankung getrennt, berechnet nach Gleichung (6)



**Bild 75** Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{12}$  von Wand 1 und 5, Vorsatzschale im Senderraum, Wände verschraubt, gemessen nach Gleichung (5) und berechnet nach Gleichung (6)

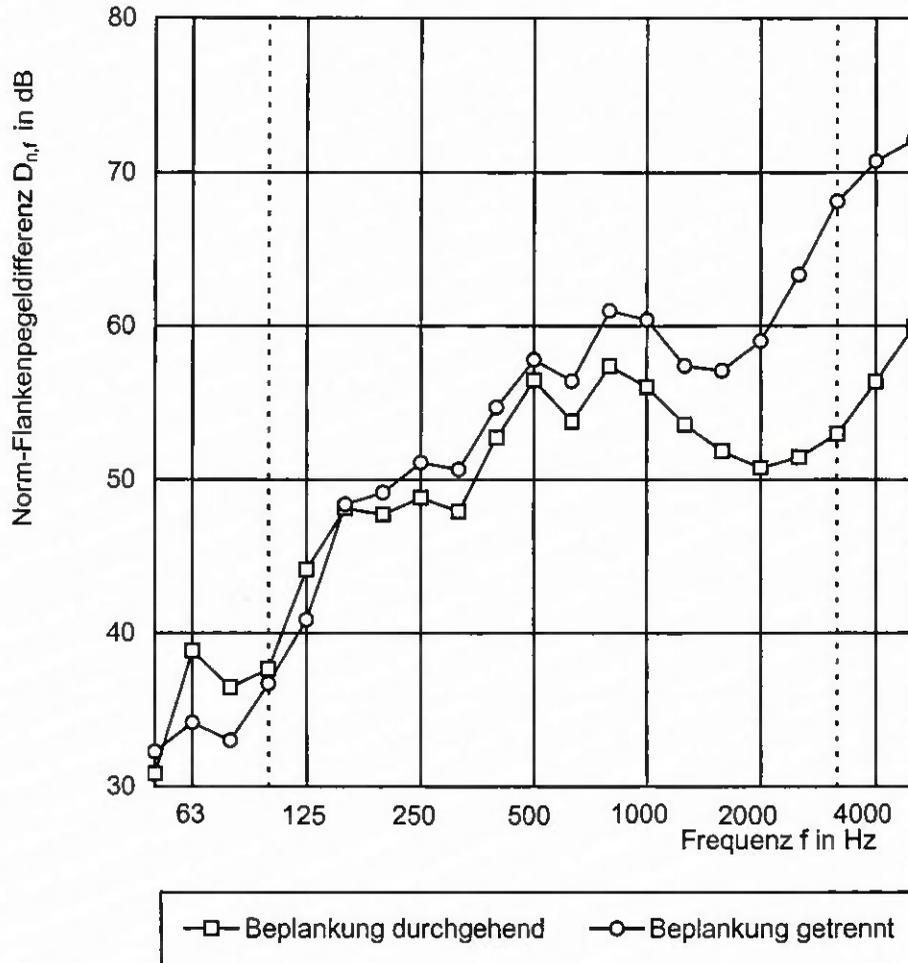


**Bild 76** Vergleich des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{12}$  von Wand 1 und 5, Vorsatzschale im Senderraum, Wände stumpf gestoßen, gemessen nach Gleichung (5) und berechnet nach Gleichung (6)



	$D_{n,f,w} (C; C_{tr})$
Wand 1 (19 mm OSB, Zellulosedämmstoff, eingeblasen)	53 (-1;-2) dB
Wand 8 (12 mm OSB, Mineralfaser)	5e (-1;-2) dB

Bild 77 Längsschalldämmung von Wand 1 und Wand 8



$D_{n,f,w} (C;C_{87})$

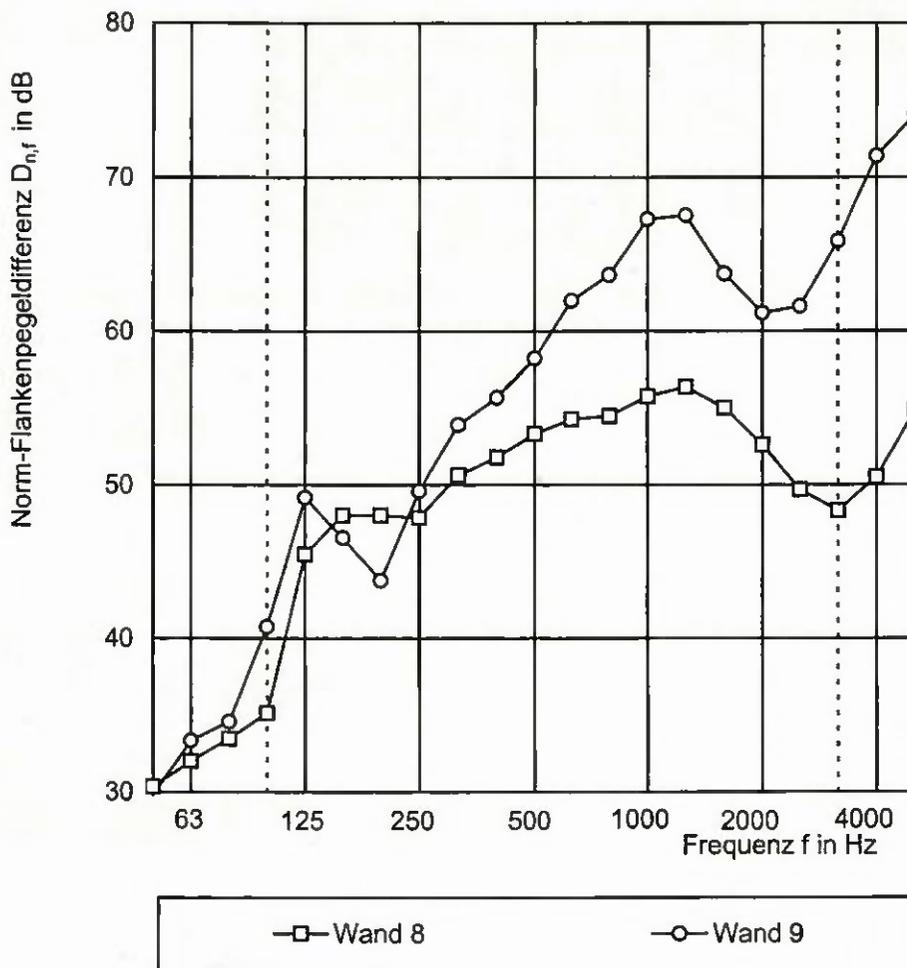
*Beplankung durchgehend*

53 (-1;-2) dB

*Beplankung getrennt*

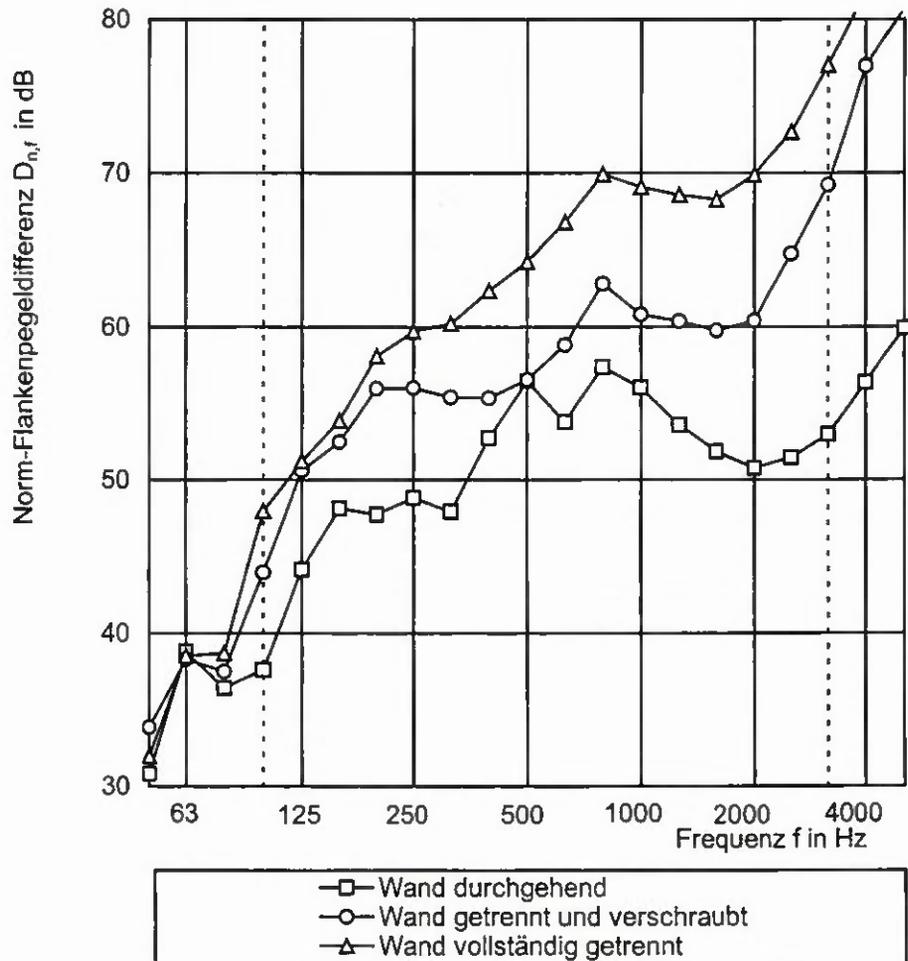
58 (-1;-5) dB

**Bild 78** Längsschalldämmung von Wand 1 mit durchgehender und getrennter Beplankung



	$D_{n,f,w} (C; C_{tr})$
Wand 8: Beplankung durchgehend	53 (-1;-2) dB
Wand 9: Beplankung getrennt, 2 Ständer, Schwelle und Rähm durchgehend	60 (-1;-5) dB

Bild 79 Längsschalldämmung von Wand 8 und Wand 9



$D_{n,f,w}(C_i;C_{tr})$

Wand durchgehend

53 (-1;-2) dB

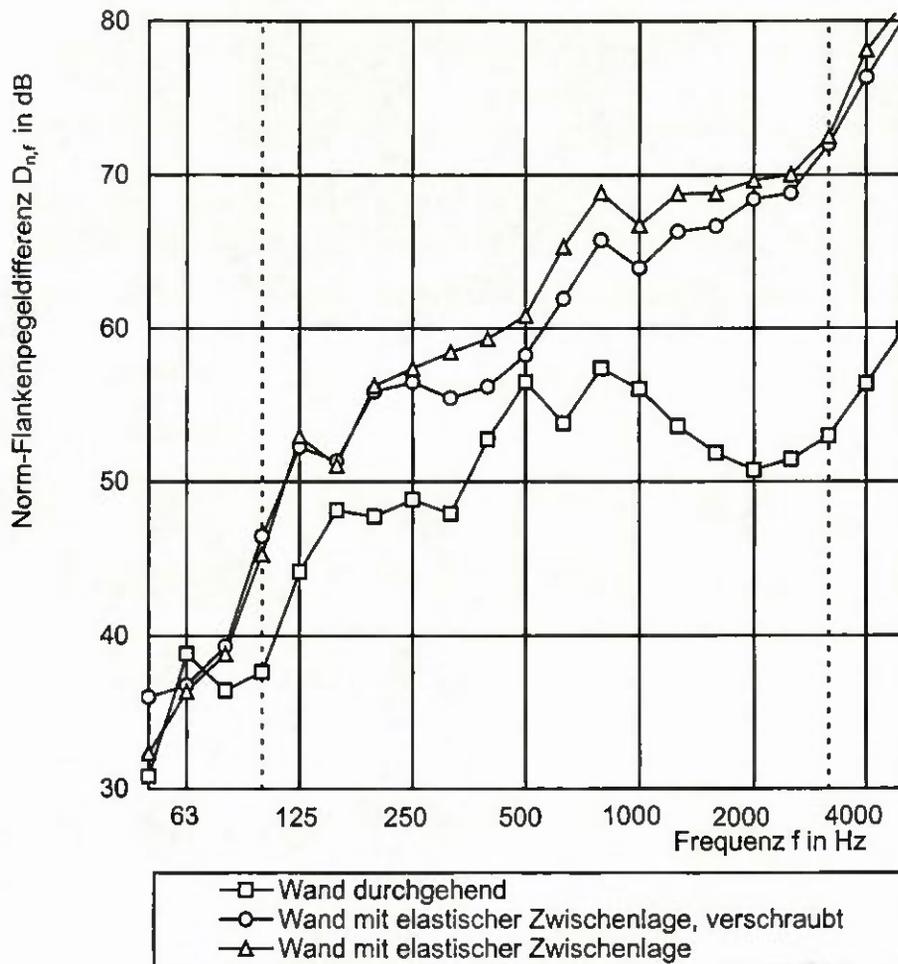
Wand getrennt und verschraubt

61 (-1;-3) dB

Wand vollständig getrennt

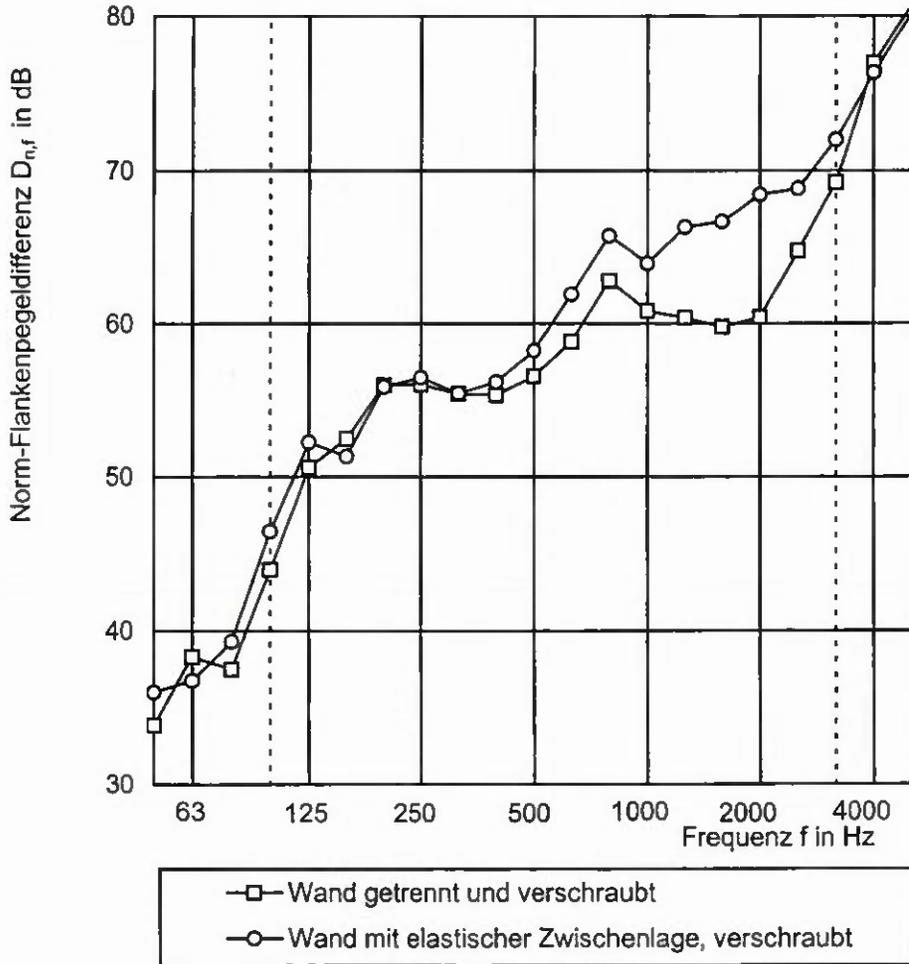
68 (-2;-5) dB

**Bild 80** Längsschalldämmung von Wand 1 (durchgehend) und Wand 2 und Wand 3 (getrennt)



	$D_{n,f,w} (C_i; C_{tr})$
Wand durchgehend	53 (-1;-2) dB
Wand mit elastischer Zwischenlage, verschraubt	64 (-1;-4) dB
Wand mit elastischer Zwischenlage	66 (-2;-5) dB

**Bild 81** Längsschalldämmung von Wand 1 (durchgehend) und Wand 2 und Wand 3 (getrennt mit elastischer Zwischenlage)



$D_{n,f,w} (C; C_{tr})$

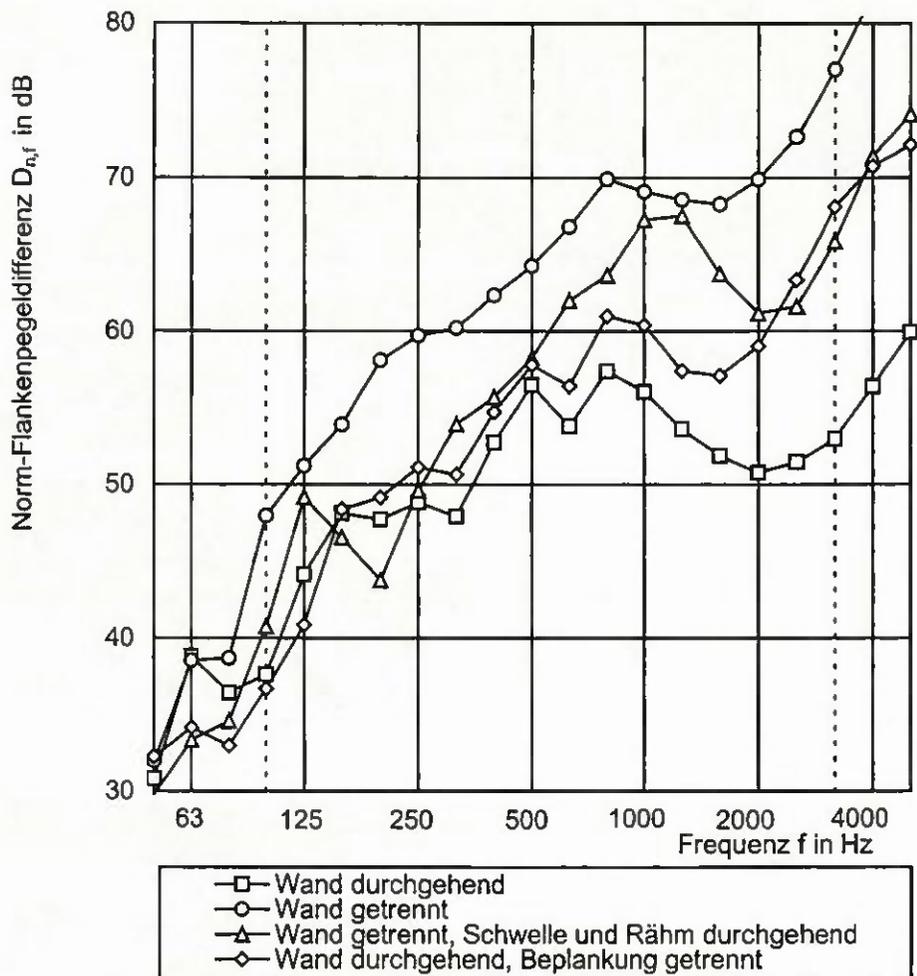
Wand getrennt und verschraubt

61 (-1;-3) dB

Wand mit elastischer Zwischenlage, verschraubt

64 (-1;-4) dB

Bild 82 Wandstoß mit und ohne elastische Zwischenlage



	$D_{n,f,w} (C;C_{tr})$
Wand durchgehend	53 (-1;-2) dB
Wand getrennt	68 (-2;-5) dB
Wand getrennt, Schwelle und Rähm durchgehend	60 (-1;-5) dB
Wand durchgehend, Beplankung getrennt	58 (-1;-5) dB

Bild 83 Wandstoß mit und ohne getrennter Beplankung

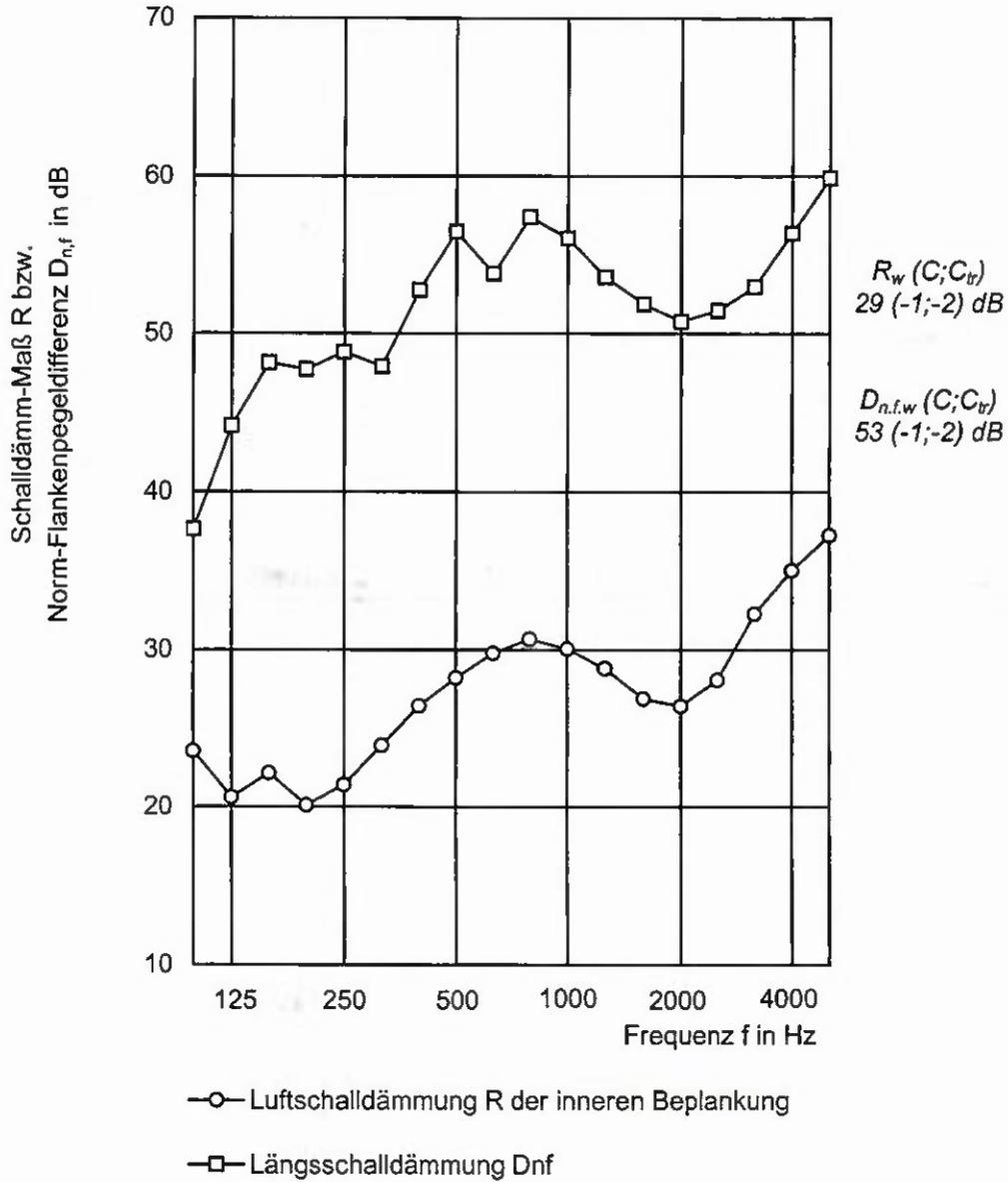
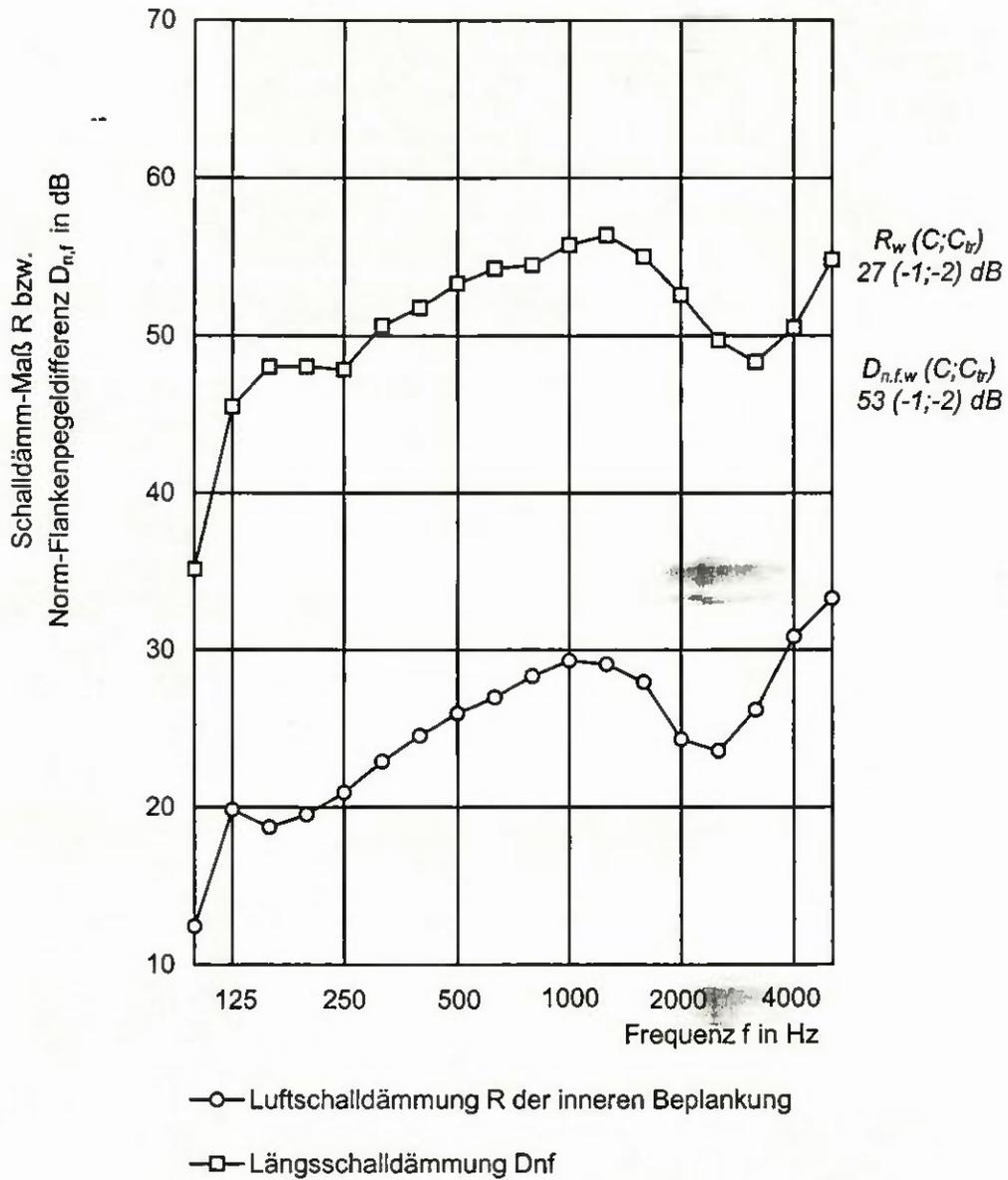
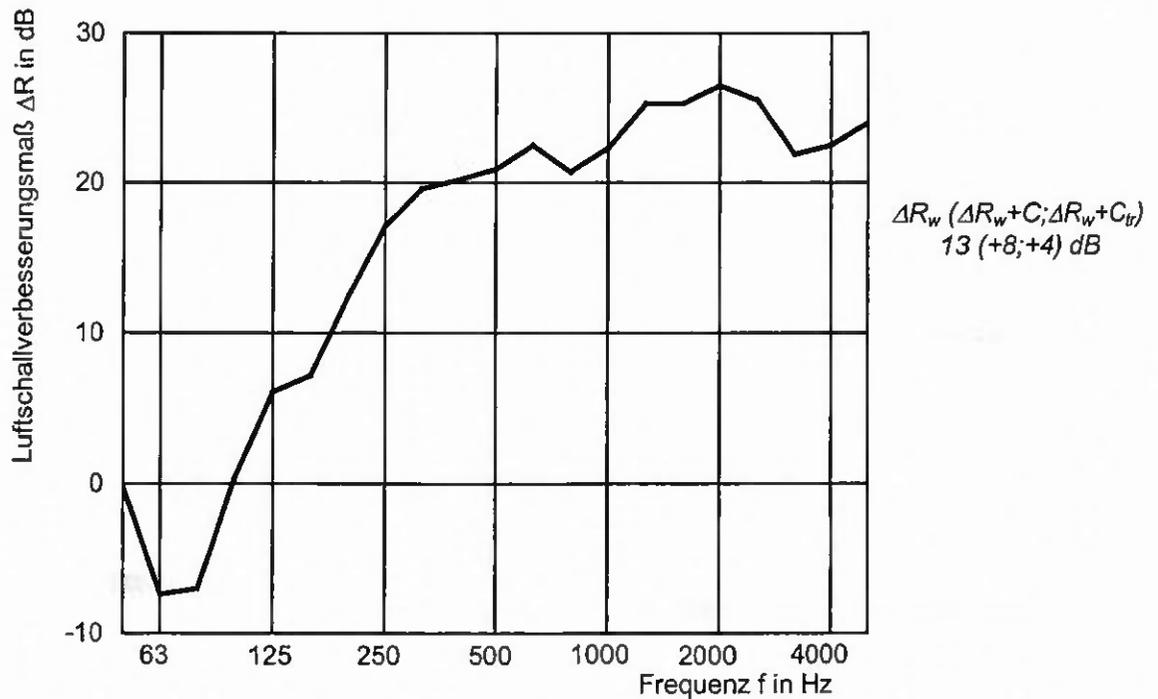


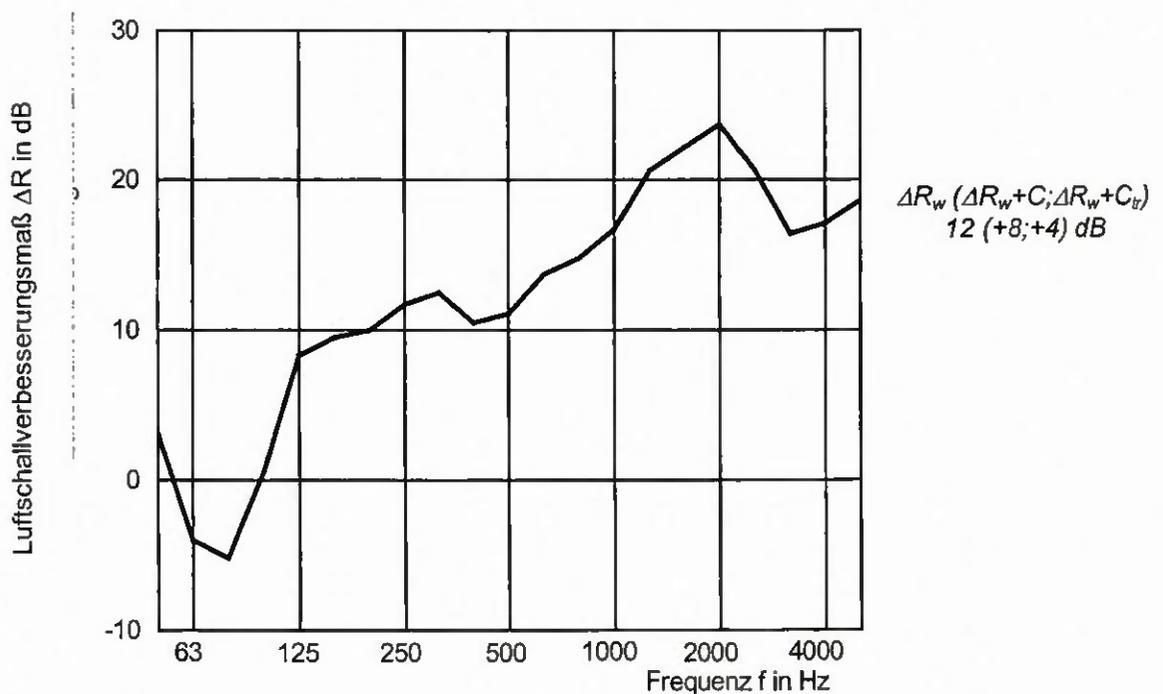
Bild 84 Luftschalldämmung der inneren Beplankung (19 mm OSB) und Längsschalldämmung der Außenwand (Wand 1)



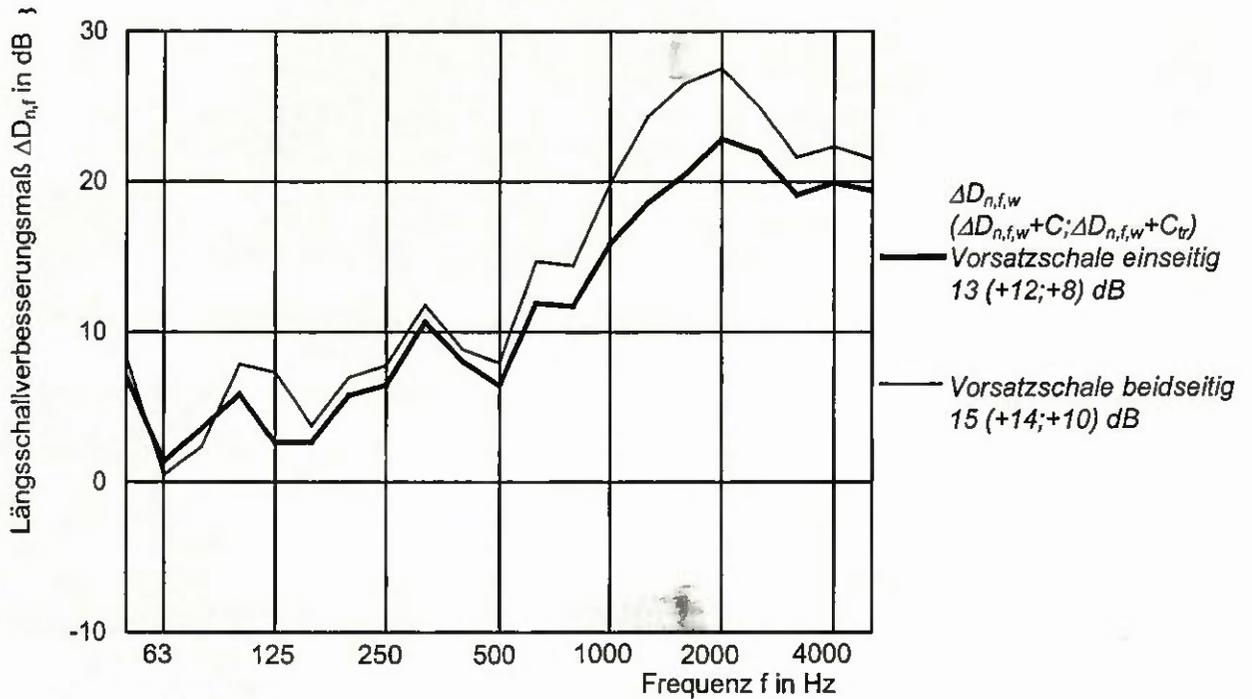
**Bild 85** Luftschalldämmung der inneren Beplankung (12 mm OSB) und Längsschalldämmung der Außenwand (Wand 8)



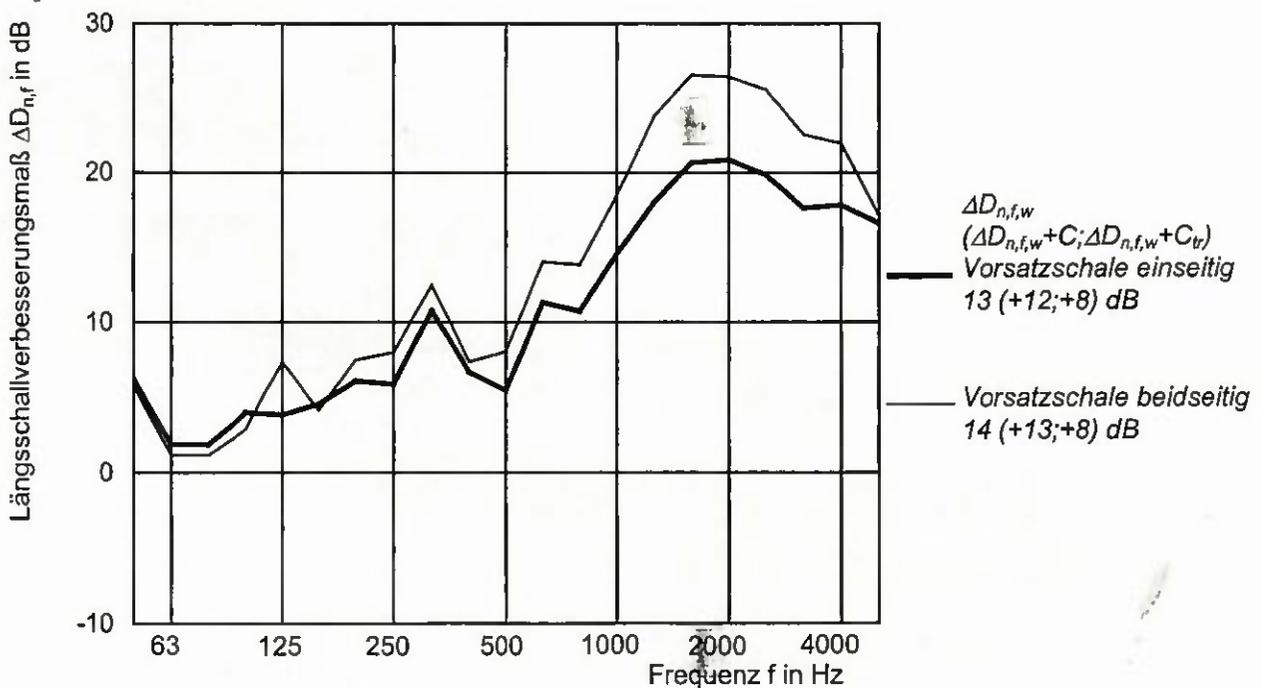
**Bild 86** Luftschallverbesserungsmaß der Vorsatzschale mit Federschien auf Wand 2 (Messung im Wandprüfstand)



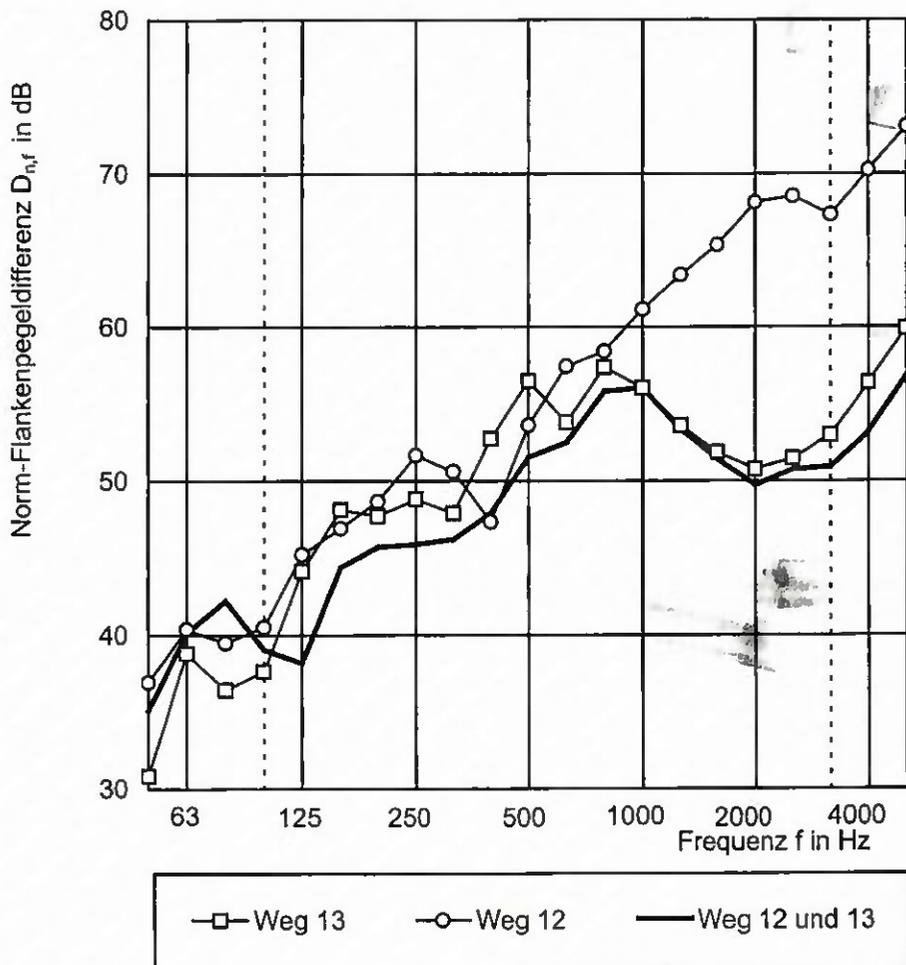
**Bild 87** Luftschallverbesserungsmaß der Vorsatzschale mit Holzleisten auf Wand 2 (Messung im Wandprüfstand)



**Bild 88** Längsschallverbesserungsmaß der Vorsatzschale mit Federschiene auf Wand 1 (Messung im Längsleitungsprüfstand)

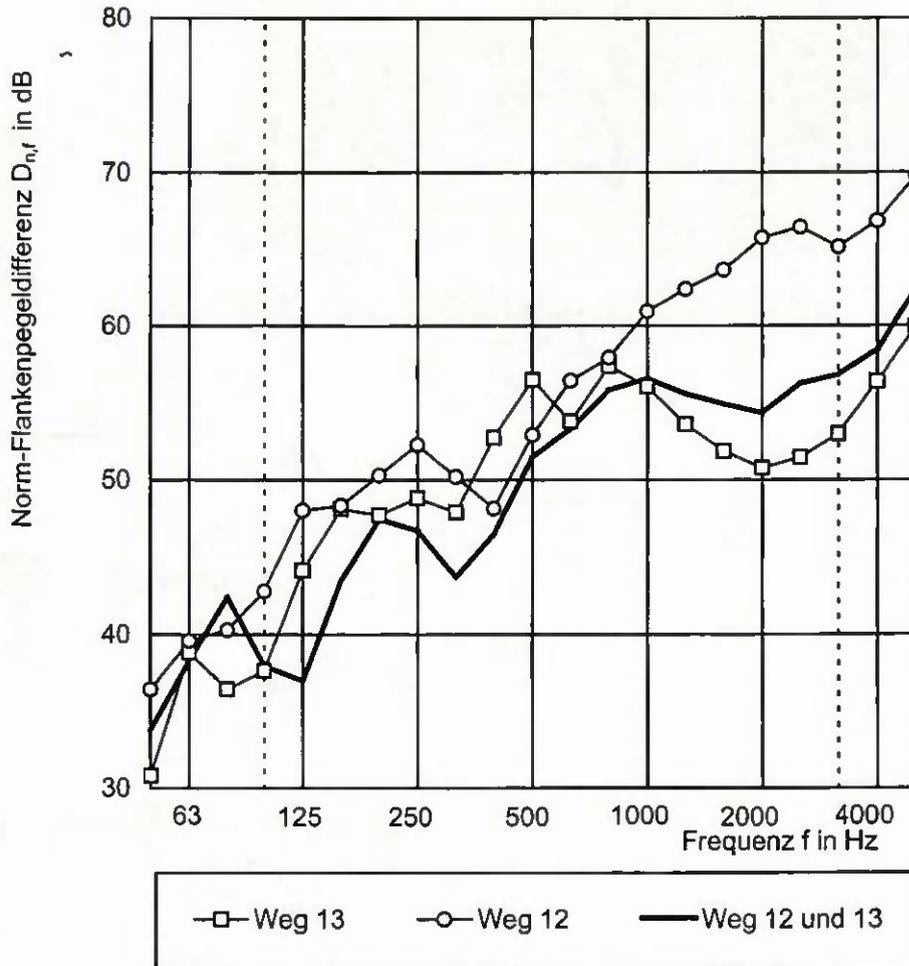


**Bild 89** Längsschallverbesserungsmaß der Vorsatzschale mit Holzleiste auf Wand 1 (Messung im Längsleitungsprüfstand)



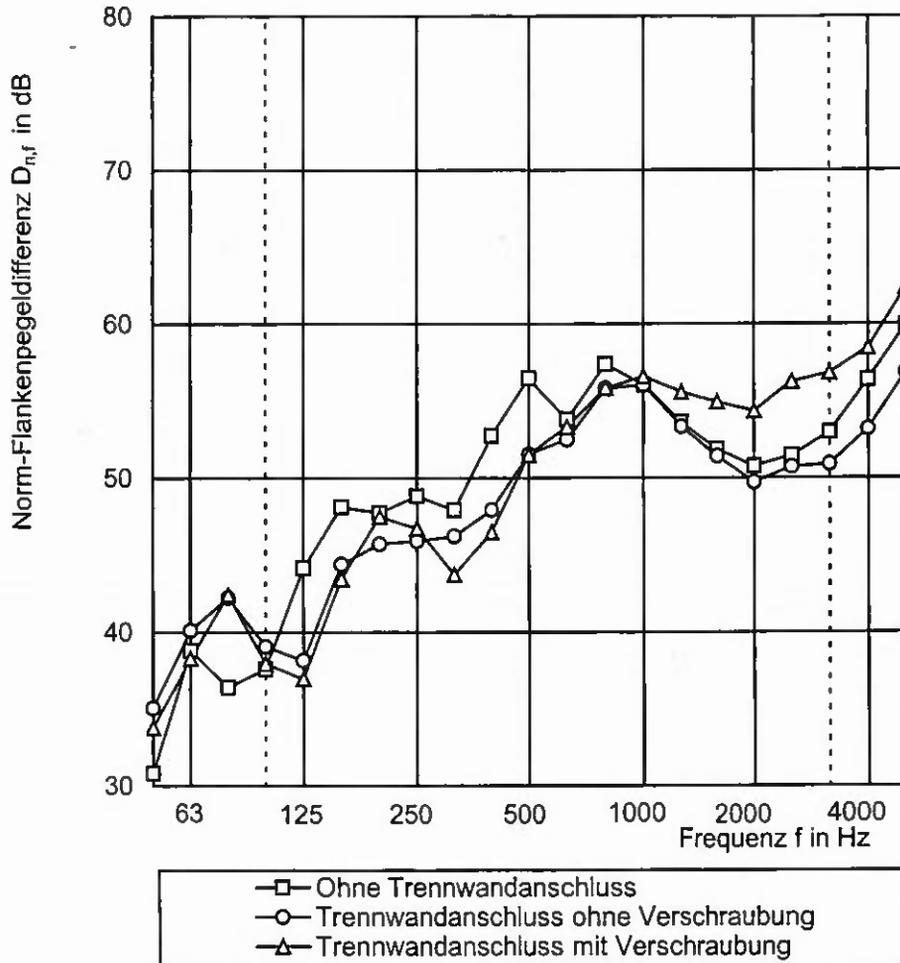
	$D_{n,f,w} (C;C_w)$
Weg 13	53 (-1;-2) dB
Weg 12	59 (-2;-5) dB
Weg 12 und Weg 13	52 (-1;-2) dB

**Bild 90** Flankenschallübertragung von Wand 1 und Wand 5 und Überlagerung beider Wege (Messung im Längsleitungsprüfstand), Trennwandanschluss stumpf gestoßen.



	$D_{n,f,w} (C; C_T)$
Weg 13	53 (-1;-2) dB
Weg 12	59 (-2;-4) dB
Weg 12 und Weg 13	54 (-2;-4) dB

**Bild 91** Flankenschallübertragung von Wand 1 und Wand 5 und Überlagerung beider Wege (Messung im Längsleitungsprüfstand), Trennwandanschluss verschraubt



$D_{n,f,w} (C; C_T)$

<i>Wand durchgehend</i>	53 (-1;-2) dB
<i>Trennwandanschluss ohne Verschraubung</i>	52 (-1;-2) dB
<i>Trennwandanschluss mit Verschraubung</i>	54 (-2;-4) dB

**Bild 92** Längsschalldämmung von Wand 1 ohne und mit Trennwandanschluss im Prüfstand

## Schalllängsdämmung bei Außen- und Innenwänden im Mehrgeschoss-Holzbau

### Ausgangslage

Zur Bestimmung der Schalldämmung zwischen zwei Räumen ist neben der direkten Schalldämmung der Wand bzw. der Decke die Längsschalldämmung eine wichtige Größe. Die Längsschalldämmung ist eine Kenngröße für die sog. „Schallnebenwege“, also die Schallübertragung über die flankierenden Bauteile.

Das resultierende Schalldämm-Maß  $R'_{w}$  zwischen zwei Räumen setzt sich aus der energetischen Summe der direkten Schalldämm-Maße und aller an der Übertragung beteiligter Flankendämm-Maße unter Berücksichtigung der Anschlüsse zusammen.

Die Prognoseverfahren zur Schalldämmung in Gebäuden werden derzeit überarbeitet und europaweit harmonisiert. Die zukünftige europäische Normung (EN 12354-1) schreibt für die Berechnung der Schalldämmung zwischen zwei Räumen die rechnerische Berücksichtigung der Längsschalldämm-Maße einschließlich der Knoten- oder Stoßstellendämm-Maße vor.

Ziel der Untersuchungen war es, die mit Einführung des europäischen Rechenmodells und dessen Einbindung in die deutsche Norm DIN 4109 benötigten Eingangsdaten zur Ermittlung der Flankenschallübertragung zu bestimmen.

### Versuchsanordnung

Um die Längsschallübertragung elementierter Holzständerwände zu untersuchen, wurde die Prüfanordnung als T-Stoß konzipiert (Bild 1).

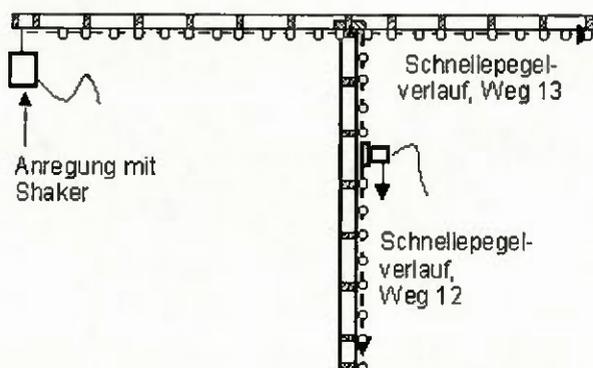


Bild 1: Versuchsanordnung

Untersucht wurden verschiedene durchgehende und getrennte Varianten der Wand mit und ohne Anschluss an die in der Abbildung vertikal eingezeichnete Trennwand. Messungen ohne Trennwandanschluss dienten zur Ermittlung der Längsschalldämmung auf dem Weg 13 (siehe Bild 1). Die Messungen mit Anschluss an eine Trennwand sollten zeigen, wieweit der Anschluss, also die Stoßstelle, Einfluss auf die Flankenschalldämmung hat.

Die gesammelten Messwerte stellten die Eingangsdaten zur Beurteilung der Längsschalldämmung im Holzbau nach dem europäischen Rechenverfahren dar. Berechnungsbeispiele nach dem Rechenverfahren der DIN EN 12354-1 zeigen anhand einzelner geprüfter Anschlusssituationen den Einfluss der Übertragungswege auf die resultierende Schalldämmung zwischen zwei Räumen.

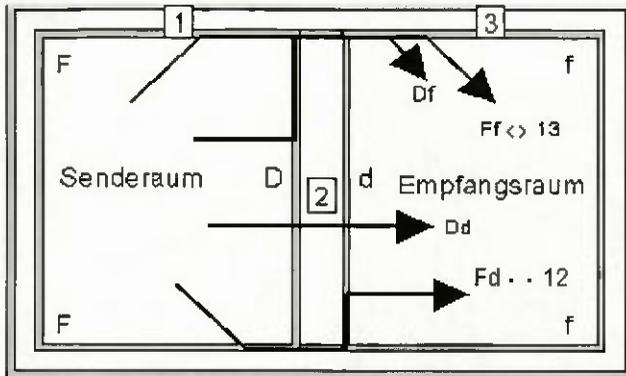


Bild 2: Schallübertragungswege im Holzbau

## Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Flankenschalldämmung auf dem Weg  $F_f$  ist für die resultierende Schallübertragung entscheidend. Eine Trennung der Beplankung im Bereich des Bauteilanschlusses bewirkt hier eine Verbesserung der Längsschalldämmung um 3 dB bis 5 dB. Durch eine doppelte innere Beplankung wird die Längsschalldämmung in einer ähnlichen Größenordnung 3 dB bis 4 dB erhöht.

Die Rahmenkonstruktion und die Art des Dämmmaterials sind hinsichtlich der Flankenschallübertragung als nachgeordnet relevant zu bewerten. Nur eine vollständige Trennung der Wände im Bereich der Stoßstelle bewirkt eine zusätzliche Verbesserung der Längsschalldämmung. Der Einsatz von elastischen Zwischenlagen zwischen vollständig getrennten Wänden kann sinnvoll sein, wenn die Anforderung an die Schalldämmung hoch ist und aus statischen Gründen ein Verbund der Wände erforderlich ist.

## Vorsatzschalen

Durch die Verwendung von Vorsatzschalen kann die Flankenübertragung nahezu unterdrückt werden. In vielen Gebäuden finden bereits Vorsatzschalen als Installationsebene Verwendung. Zur Erhöhung der Schalldämmung zwischen zwei Räumen ist diese Maßnahme gut geeignet, um die Flankenschallübertragung zu vermeiden.

Bei tiefen Frequenzen im Bereich der Doppelschalenresonanz kann die Luftschalldämmung der Wand durch die Vorsatzschale verschlechtert werden. Die Längsschalldämmung dagegen wird durch die Vorsatzschalen, auch im Bereich der Doppelschalenresonanz, nicht verschlechtert. Demnach ist das Luftschallverbesserungsmaß auf die Längsschalldämmung von Holzständerwänden nicht direkt übertragbar.

## Trennwandanschluss

Die Betrachtung der Schallübertragungswege hat ergeben, dass die Wege der  $F_d$  und  $D_f$  bzw. 12 und 23 (siehe Bild 1) bei der Betrachtung der Flankenschalldämmung nicht ohne weiteres zu vernachlässigen sind; in der Einzahlbewertung liegt der Fehler, der durch eine reine Betrachtung der Längsschalldämmung (Übertragungsweg  $F_f$ ) gemacht wird, im Bereich von 1 bis 2 dB.

## Fazit

Die Untersuchungen zur Stoßstellendämmung haben ergeben, dass die Methodik zur Prognose der Luftschalldämmung in Gebäuden nach DIN EN 12354-1 grundsätzlich auf die Holzständerbauweise übertragen werden kann. Dabei ist zu beachten, dass die Schallübertragung über die innere Schale der Beplankung erfolgt.

<b>P.-Nr.</b>	F-1999/05
<b>Titel</b>	Schalllängsdämmung im Mehrgeschoss-Holzbau
<b>Projektende</b>	31.12.01
<b>Projektleiter</b>	Schumacher, B.
<b>Institut</b>	ift
<b>Förderer</b>	Aif
<b>Fachl. Zuord.</b>	053 Schalldämmung/-schutz
<b>Kurzbericht</b>	<p>Die Schalldämmung zwischen zwei Räumen hängt nicht nur von der unmittelbaren Übertragung über das trennende Bauteil ab, sondern auch von der Schalllängsleitung über Nebenwege oder flankierende Bauteile. Das resultierende Schalldämm-Maß <math>R'_{w}</math> zwischen zwei Räumen setzt sich aus der energetischen Summe der direkten Schalldämm-Maße und aller an der Übertragung beteiligter Flankendämm-Maße unter Berücksichtigung der Anschlüsse zusammen. Die zukünftige europäische Normung (EN 12354-1) schreibt für die Berechnung der Schalldämmung zwischen zwei Räumen die rechnerische Berücksichtigung der Längsschalldämm-Maße einschließlich der Knoten- oder Stoßstellendämm-Maße vor.</p> <p>Ziel dieser Untersuchung ist es, für die Betrachtung der Schallausbreitung im mehrgeschossigen Holzbau, d.h. für neben- oder übereinanderliegende Wohnungen, für die die Mindestanforderungen nach DIN 4109 gültig sind, die Zusammenhänge im Kontext der neuen europäischen Rechenverfahren zu klären.</p> <p>Die durchgeführten Untersuchungen an Holzständerwänden stellen unter anderem Eingangsdaten für eine Beurteilung der Längsschalldämmung im Holzbau nach dem europäischen Rechenverfahren zur Verfügung. Untersucht wurden Konstruktionen mit unterschiedlicher Dämmung und Beplankung, Holzständerwerk und Vorsatzschalen im Labor und am Bau. Anschlussvarianten einer Trennwand an die Außenwand wurden messtechnisch untersucht.</p> <p>Um die Längsschallübertragung elementierter Holzständerwände zu untersuchen, wurde eine Prüfanordnung als T-Stoß konzipiert. Untersucht wurden verschiedene durchgehende und getrennte Varianten der Wand mit und ohne Anschluss an den Trennwandstummel im Prüfstand. Messungen ohne Trennwandanschluss dienen zur Ermittlung der Längsschalldämmung, die Messungen mit Anschluss an eine Trennwand sollten zeigen, wie weit der Anschluss, also die Stoßstelle, Einfluss auf die Flankenschalldämmung hat. Die gesammelten Messwerte stellen die Eingangsdaten zur Beurteilung der Längsschalldämmung im Holzbau nach dem europäischen Rechenverfahren dar. Berechnungsbeispiele nach dem Rechenverfahren der DIN EN 12354-1 zeigen anhand einzelner geprüfter Anschlusssituationen den Einfluss der Übertragungswege auf die resultierende Schalldämmung zwischen zwei Räumen.</p>

# Längsschalldämmung und Stoßstellendämmung im mehrgeschossigen Holzbau

Bernd Saß (1) und Rolf Schumacher (2)

(1) ift Rosenheim, Theodor-Gietl-Straße 7-9, 83026 Rosenheim

(2) Accon GmbH, Gräfelinger Straße 133A, 81375 München

## Einleitung

Mit der Einführung des europäischen Rechenmodells nach DIN EN 12354-1 [1] und dessen Einbindung in DIN 4109 besteht die Notwendigkeit, die erforderlichen Eingangsdaten zur Ermittlung der Flankenschallübertragung zwischen zwei Räumen zu bestimmen.

Auf diesem Gebiet sind in den letzten Jahren umfangreiche Untersuchungen durchgeführt worden; für die Bauweise mit Holzständerwänden hat das ift grundlegende Arbeiten durchgeführt, die hier vorgestellt werden sollen. Insbesondere die Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$ , für das im Holzbau bislang keine Daten vorlagen, war Schwerpunkt der Untersuchungen.

## Vorgehensweise

Um Erfahrungen mit der Schallausbreitung auf Holzständerwänden zu sammeln, wurden folgende Punkte bearbeitet:

- 1.) Holzständerwände sind unterteilt in Gefache, also inhomogen. Der Einfluss dieser Bauweise wurde durch Schnellepegelverläufe untersucht.
- 2.) Für den Verlustfaktor  $\eta$  bzw. die Körperschall-Nachhallzeit  $T_s$  von Holzständerwänden wurde die Messtechnik verifiziert.
- 3.) Unterschiedliche Methoden zur Bestimmung der Stoßstellendämmung wurden miteinander verglichen.
- 4.) Die Wege 13, 12 und 23 wurden einzeln betrachtet.

## Bauweise

Um die Längsschallübertragung auf elementierten Holzständerwänden zu untersuchen, wurde ein T-Stoß in der Prüfhalle des ift aufgebaut (Bild 1). Mit der Messung eines Schnellepegelverlaufes auf diesem Prüfaufbau lässt sich die Bauweise charakterisieren.

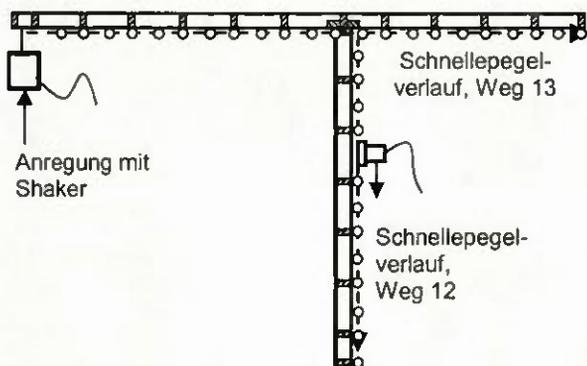


Bild 1 T-Stoß mit einer Holzständerwand

Im Gegensatz zu Leichtbauwänden aus Metallständern mit Gipskartonplatten [2] findet man bei Holzständerwänden, dass die Holzständer den Schnellepegel auf der Oberfläche beeinflussen (Bild 2).

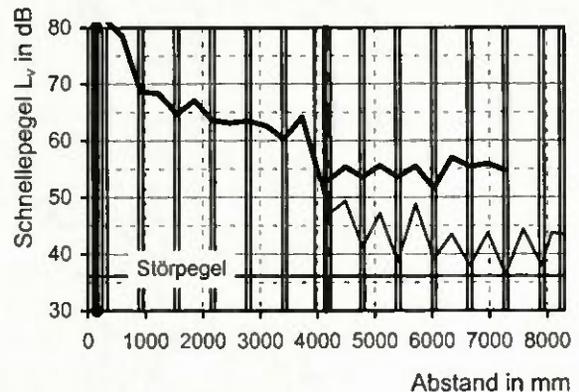


Bild 2 Schnellepegelverlauf, Weg 13 (dicke Linie) und Weg 12 (dünne Linie)

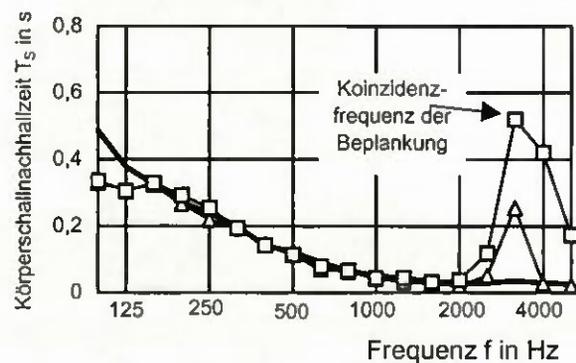
Die Abstrahlung im Gefach unterscheidet sich von der Abstrahlung im Bereich der Ständer, deren Querschnitt 80/160 betrug. Die Differenz hängt weiterhin vom Material der Beplankung ab, wie die im Versuch gemessenen Wände zeigen, die mit OSB-Platten (grobe Spanplatten) und mit Gipsfaserplatten beplankt waren.

Für die Wahl der Anrege- und Aufnehmerpunkte zur Bestimmung der Schnellepegeldifferenz folgt daraus, dass zusätzlich zu den aus dem Massivbau bekannten Regeln die Messpunkte auf Ständer und Gefach zu verteilen sind.

## Messung der Körperschallnachhallzeit

Untersuchungen wurden an Holzständerwänden, mit Beplankungen aus OSB- und Gipsfaserplatten, mit MLS mit Rückwärtsintegration durchgeführt zur Bestimmung der - sehr kurzen - Nachhallvorgänge.

Bei Messungen in einem Raum wird die Körperschallnachhallzeit von der Raum-Nachhallzeit überlagert (im Raum wird von der angeregten Prüfwand ein zusätzliches Schallfeld erzeugt). Dies zeigt sich besonders im Bereich der Eigenfrequenz der Beplankung (Bild 3).



- Messung im Freifeld
- ▲— Messung im Prüfstand (in der Nähe des Shakers)
- Messung im Prüfstand (alle Messpunkte)

Bild 3 Körperschallnachhallzeit auf einer Holzwand

Der Einfluss der Raum-Nachhallzeit ist umso stärker, je weiter die Anregeposition von der Aufnehmerposition entfernt ist.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Bestimmung der Körperschallnachhallzeit von Holzständerwänden in Räumen ohne Betrachtung der Raumbedingungen zu fehlerhaften Ergebnissen führen kann, vgl. auch [3].

**Bestimmung der Stoßstellendämmung**

Es gibt grundsätzlich mehrere Möglichkeiten, die Stoßstellendämmung zu bestimmen. Folgende Parameter sind dabei zu beachten:

- Anregung mit Körperschall (also punktwise) oder mit Luftschall (flächige Anregung).
- Berechnung der Stoßstellendämmung aus der Messung der Flankenschalldämmung und der Schalldämmung der einzelnen Bauteile  $i$  und  $j$ .
- Berechnung von  $K_{ij}$  mit der Schalldämmung der Wand oder der Schalldämmung der inneren Beplankung .
- Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit  $T_s$  zur Bestimmung der äquivalenten Absorptionslänge  $a$  oder, nach DIN EN 12354-1,  $a=S/l_0$ .

Um die verschiedenen Möglichkeiten miteinander zu vergleichen, wurden die genannten Methoden für 3 verschiedene Flankenübertragungswege parallel ausgewertet und miteinander verglichen. Das Ergebnis des Vergleiches lässt sich wie folgt zusammenfassen:

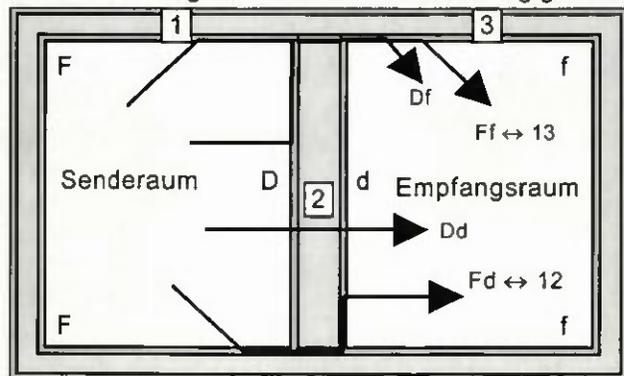
1.) Der Vergleich von Rechen- und Messmethode zeigt die beste Übereinstimmung, wenn bei der Berechnung der Stoßstellendämmung mit der Schalldämmung der inneren Beplankung gerechnet wird. Damit ist gezeigt, dass die wesentliche Schallübertragung bei Holzständerwänden über die innere Beplankung erfolgt.

2.) Die Körperschallnachhallzeit ist für die Betrachtung der Stoßstellendämmung von Holzständerwänden nicht zu berücksichtigen.

3.) Die im Vergleich beste Messmethode zur Bestimmung des Stoßstellendämm-Maßes von Holzständerwänden ist die Methode mit flächiger Luftschallanregung. Diese Methode ist jedoch nur eingeschränkt umsetzbar, da nicht immer die übrigen Übertragungswege ausgeschlossen werden können.

**Flankenschallübertragungswege**

Zur Bestimmung der Flankenschalldämmung gilt Bild 4.

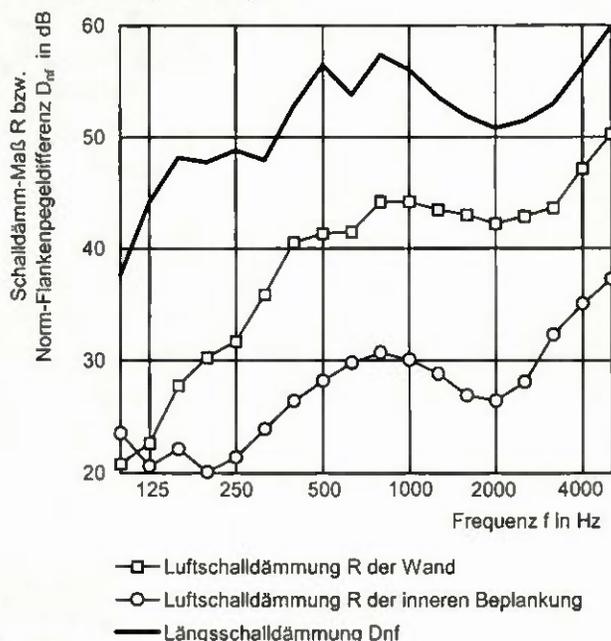


**Bild 4** Schallübertragungswege im Holzbau

Die Untersuchungen an Holzständerwänden zeigen, dass alle Wege für die Schallübertragung im Holzbau zu berücksichtigen sind.

Der wesentliche Unterschied zum Massivbau besteht darin, dass die Schallübertragung im wesentlichen über die innere Beplankung erfolgt. Somit ändert sich die Darstellung der Schallübertragungswege in der Weise, wie sie in Bild 4 dargestellt ist.

Das Messbeispiel in Bild 5 zeigt, dass der Frequenzverlauf der Schalldämmung der inneren Beplankung besser mit der Längsschalldämmung korreliert als die Luftschalldämmung der gesamten Trennwand. Dieses Beispiel belegt die rechnerisch ermittelte Abhängigkeit der Längsschalldämmung von der Luftschalldämmung der inneren Beplankung.



**Bild 5** Luftschalldämmung und Längsschalldämmung einer Holzständerwand.

**Zusammenfassung**

Die Untersuchungen zur Stoßstellendämmung im Holzbau haben ergeben, dass die Methodik zur Prognose der Luftschalldämmung in Gebäuden nach DIN EN 12354-1 grundsätzlich auf die Holzständerbauweise übertragen werden kann. Dabei ist zu beachten, dass die Schallübertragung über die innere Schale der Beplankung erfolgt.

**Literatur**

[1] DIN EN 12354-1:2000-12: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen.  
 [2] L. Weber, W.Scholl: „Stoßstellendämmung von Leichtbauwänden“, DAGA Oldenburg, 2000  
 [3] L. Weber, K. Burckas, W. Scholl :“Flanking transmission on plaster board walls”, Kij-meeting, IBP Stuttgart, 19.1.2000  
 [4] R. Schumacher, B. Saß, M. Pütz: „Grundlagenuntersuchungen zum Stoßstellendämm-Maß im Holzbau“, Bericht des IfT Rosenheim 2001-05

Längsschalldämmung, Teil 1

# Besserer Schallschutz steigert Wohnkomfort

Die leichte Bauweise des Holzbaus erfordert eine eigenständige Betrachtung des Schallschutzes. Zurzeit überarbeitet Brüssel die Verfahren zur Schalldämmung, um sie europaweit zu harmonisieren. Dipl.-Ing. (FH) Bernd Saß vom ift Rosenheim und Dr. Rolf Schumacher von der Accon GmbH, München, geben einen Überblick über ein Forschungsvorhaben des ift, die derzeitige Normung und künftige Änderungen.

Die DIN 4109 enthält Anforderungen an den Schallschutz von Gebäuden in Deutschland. Neben den darin definierten Mindestanforderungen werden Werte für einen erhöhten Schallschutz und die Einstufung von Gebäuden in Schallschutzstufen (SSt) vorgeschlagen (DIN 4109, DIN 4109 Beiblatt 2, E DIN 4109-10 und VDI 4100). Auf Basis dieser Vorschläge lassen sich grundsätzlich verschiedene Schallschutzniveaus planen und realisieren.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Anforderungen an die

Luftschalldämmung von Trennwänden und Decken im Wohnungsbau sowie über die Vorschläge zu erhöhter Schalldämmung. Es ist geplant, die Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz in DIN 4109 Beiblatt 2 durch die Einstufung in Schallschutzstufen nach E-DIN 4109 Teil 10 zu ersetzen.

Zur Bestimmung der Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen ist neben der direkten Schalldämmung der Wand bzw. der Decke die Schalllängsleitung oder Längsschalldämmung eine wichtige Größe. Die Längsschalldäm-

mung ist die Kenngröße für die sog. „Schall-Nebenwege“, also die Schallübertragung über die flankierenden Bauteile.

## Historie und derzeitiger Stand

Die Längsschalldämmung im Holzbau untersuchte erstmals Prof. Gösele. Seine Ergebnisse flossen u. a. in den Bauteilkatalog in Beiblatt 1 zu DIN 4109 ein. Weitere Untersuchungen zur Längsschalldämmung im Holzbau führte die Industrie durch. Im Rahmen eines Forschungsprojektes über Installationswände im Holzbau förderten der Holzabsatzfonds (HAF) und die Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) ein Projekt an der Fachhochschule Rosenheim, das sich auch mit dem Thema Flankenschallübertragung auseinandersetzt.

Die Längsschalldämmung wird nach den gültigen Prüfnormen DIN 52210-7, künftig DIN EN ISO 10848, im Labor als sog. „bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz  $D_{n,f,w}$ “ benannt. Der Betrag stimmt mit der früher üblichen Bezeichnung „bewertetes Längsschalldämmmaß  $R_{L,w}$ “ überein.

Tabelle 1: Schallschutzanforderungen und Vorschläge für erhöhten Schallschutz für Trennwände und Decken in Mehrfamilienhäusern und Doppelhäusern

Bauteil	DIN 4109	DIN 4109,	E-DIN 4109-10,	
	Mindestanforderung	Beiblatt 2	Vorschlag für erhöhten Schallschutz	(VDI 4100)
	erf. $R'_{w}$ [dB]	erf. $R'_{w}$ [dB]	SSt 2	SSt 3
			$R'_{w}$ [dB]	$R'_{w}$ [dB]
<i>Mehrfamilienhäuser</i>				
Wohnungstrennwand	53	≥ 55	56	59
Wohnungstrenndecke	54	≥ 55	57	60
<i>Doppel-/Reihenhäuser</i>				
Trennwand	57	≥ 67	63	68

Mit der Luftschalldämmung und der Längsschalldämmung wird der vereinfachte oder rechnerische Nachweis nach DIN 4109 geführt. Ausgehend von der Anforderung an die erforderliche Schalldämmung wird der vereinfachte Nachweis über einen Zuschlag von 5 dB geführt.

Für die Trennwand gilt:

- $R_{w,R} \geq \text{erf. } R'_w + 5 \text{ dB}$  und

für alle flankierenden Bauteile  $i$  gilt

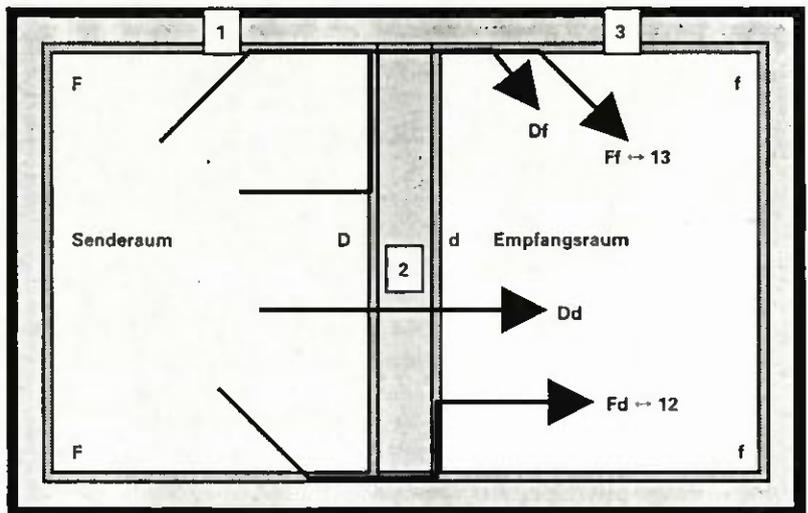
- $R_{L,w,R,i} \geq \text{erf. } R'_w + 5 \text{ dB}$

Bei einer Mindestanforderung von  $\text{erf. } R'_w = 53 \text{ dB}$ , wie sie nach DIN 4109 für Wohnungstrennwände gilt, ergibt sich demnach eine Anforderung von 58 dB an die Luftschalldämmung der Trennwand und die Längsschalldämmung der flankierenden Bauteile (Rechenwerte aus Laborprüfungen mit Berücksichtigung des Vorhaltemaßes). Während es im Bauteilkatalog Ausführungsbeispiele für Holzständerwände gibt, die die erforderliche Luftschalldämmung haben, kann die erforderliche Längsschalldämmung nach Beiblatt 1 in vielen Fällen nicht nachgewiesen werden. Messungen in ausgeführten Bauten zeigen jedoch, dass auch in Holzbauweise eine hohe Schalldämmung ausgeführt werden kann. Über die Mindestanforderungen hinaus können bewertete Bauschalldämmmaße  $R'_w$  von Trennwand und Decke von 60 dB erzielt werden, was sogar den Anforderungen nach Schallschutzstufe 3 entspricht.

### Veränderungen in der Normung

Die derzeitigen Prognoseverfahren zur Schalldämmung in Gebäuden werden gerade überarbeitet und europaweit harmonisiert. Mit der Einführung des europäischen Rechenmodells in DIN EN 12354-1 als Bestandteil von DIN 4109 wird das bisherige Verfahren nach DIN 4109 zur Berechnung der resultierenden Schalldämmung zwischen zwei Räumen ersetzt. Der vereinfachte

Bild 1: Schallübertragungswege im Holzbau



Die Bezeichnungen entsprechen DIN EN 12354-1; die Kennung der Bauteile 1, 2 und 3 wird zur Bezeichnung der Stoßstellendämmung verwendet; „F“ und „f“ stehen für ein Flankenbauteil, „D“ und „d“ für ein trennendes Bauteil. Große Buchstaben stehen für den Senderraum, kleine Buchstaben für den Empfangsraum.

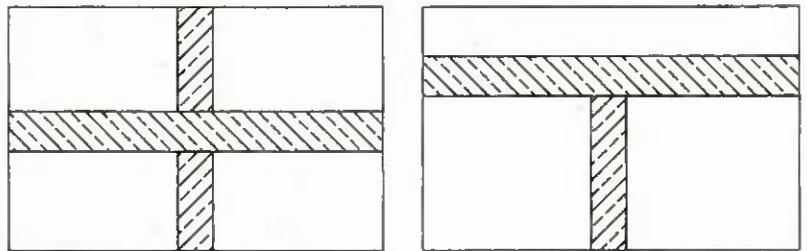


Bild 2: Beispiele für Stoßstellen im Massivbau: links ein Kreuzstoß, rechts ein T-Stoß

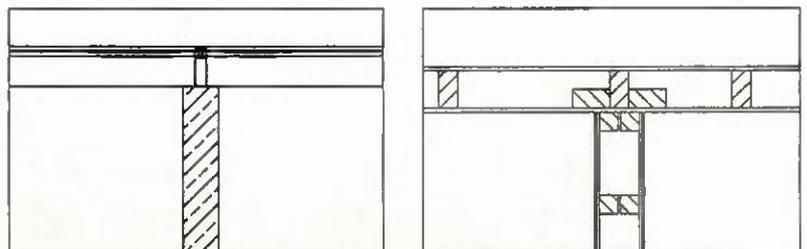


Bild 3: Beispiele für Stoßstellen mit leichten Bauteilen: links eine Anbindung einer Glasfassade, rechts ein T-Stoß im Holzbau

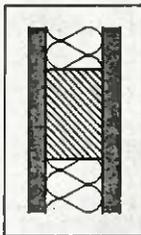
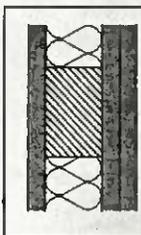
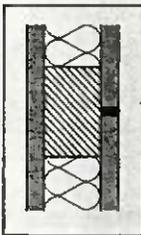
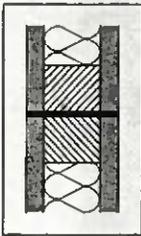
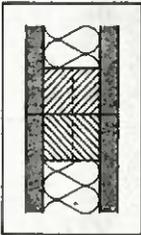
fachte Nachweis mit dem Zuschlag von 5 dB wird danach entfallen.

Das Rechenmodell enthält neue Berechnungsmethoden und Kenngrößen wie die Stoßstellendämmung und den Verlustfaktor  $\eta$ . Auch die nach EN-Norm definierten Spektrum-Anpassungswerte  $C$  und  $C_{tr}$  sind für die Längsschalldämmung zu bestimmen; hierzu liegen zurzeit nur wenige

Daten vor. Um das Verfahren umsetzen zu können, wird der Bauteilkatalog aktuell überarbeitet. Es besteht also die Notwendigkeit, die neuen Verfahren für die unterschiedlichen Bauweisen zu verifizieren, also die praktische Anwendbarkeit zu prüfen.

Das Rechenverfahren ist in Abhängigkeit von der Bauweise in mehrere Schritte aufgeteilt. Für je-

**Tabelle 2: Vergleich der Längsschalldämmung aus verschiedenen Quellen**

Aufbau	Beschreibung	DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 33	Werte der Firma Fels	Werte des ift
		$R_{L,w,R}$	$R_{L,w,R}$	$D_{n,f,w} (C;C_{tr})$
	Einfach beplankt mit Dämmung im Gefach	50 dB	57 dB	53 (-1;-2) dB
	Innen doppelt beplankt mit Dämmung im Gefach	54 dB	61 dB	-
	Einfach beplankt, Beplankung auf Innenseite getrennt, Dämmung im Gefach	54 dB	61 dB (Ständer getrennt)	58 (-1;-5) dB
	Einfach beplankt, kein Kontakt zwischen beiden Wänden, Dämmung im Gefach	62 dB		68 (-2;-5) dB
	Einfach beplankt, Ständer verschraubt, Dämmung im Gefach	54 dB		61 (-1;-3) dB

$R_{L,w,R}$  ist hier der Rechenwert des Längsschalldämmmaßes.  $D_{n,f,w} (C;C_{tr})$  die bewertete Norm-Flankenpegeldifferenz mit den Spektrum-Anpassungswerten nach DIN EN ISO 717-1.  $R_{L,w}$  entspricht zahlenmäßig dem  $D_{n,f,w}$ -Wert. Zu beachten ist, dass bei den ift-Werten noch keine Vorhaltemaße berücksichtigt worden sind

den Baukörperanschluss ist zuerst die Frage zu klären, ob die Verbindung der Bauteile untereinander einen wesentlichen Einfluss auf die Flankenschalldämmung und damit auf die resultierende Schalldäm-

mung zwischen zwei Räumen hat oder nicht. Die daran anschließende Berechnung der resultierenden Schalldämmung kann spektral (detailed model) oder mit Einzahlangaben (simplified model) durchge-

führt werden, wie es auch nach dem bisherigen Verfahren üblich ist.

Wenn die Verbindung der Bauteile einen wesentlichen Einfluss auf die resultierende Schalldämmung hat, muss für den Bauteilstoß eine Stoßstellendämmung  $K_{ij}$  bestimmt werden. Beispiele für solche Stöße sind in Bild 2 dargestellt. Ebenfalls ist die energetische Ankopplung an die umgebenden Bauteile mithilfe des Verlustfaktors  $\eta$  in situ zu berücksichtigen. Die rechnerische Betrachtung erfolgt dabei nicht nur über das Flankenbauteil, sondern auch über die Verzweigung zwischen Flankenbauteil und trennendem Bauteil. Dieses Verfahren ist z.B. bei Gebäuden in Massivbauweise anzuwenden. Im Massivbau ist also ein Umdenken in der rechnerischen Beurteilung und Planung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden erforderlich.

Hat die Verbindung der Bauteile keinen wesentlichen Einfluss auf die Flankenschalldämmung, so sieht das Rechenverfahren die Berücksichtigung der Flankenübertragung analog zur Berechnung nach DIN 4109 Beiblatt 1 vor. Das bedeutet, dass die Verzweigungsdämmung zwischen flankierendem und trennendem Bauteil so hoch ist, dass sie vernachlässigt werden kann. Dies gilt zum Beispiel bei Glasfassaden, wie Untersuchungen des Instituts für Fenstertechnik (ift Rosenheim) gezeigt haben (Darstellung wie in Bild 3, links).

Um diese Frage auch für den Holzbau zu klären, führte das ift grundlegende Arbeiten zur Verifizierung des Rechenverfahrens durch. Ergebnis ist, dass eine Verzweigungsdämmung messbar ist, jedoch der Einfluss auf die resultierende Schalldämmung in der Größenordnung von maximal 1 bis 2 dB liegt. Es sind also Stoßstellendämmmaße im Holzbau messbar. Demnach ist es möglich, das Rechenverfahren mit Stoßstellendämmmaßen auf den Holzbau anzuwen-

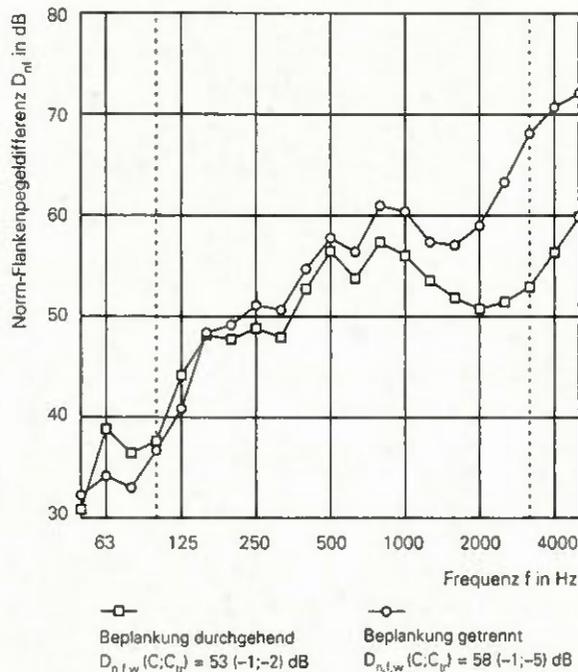
den. Ebenso ist eine Rückführung auf das Verfahren mit der reinen Längsschalldämmung denkbar, um die praktische Anwendung zu vereinfachen. Welches Verfahren im künftigen Bauteilkatalog für Gebäude in Holzbauweise zur Anwendung kommt, wird zurzeit noch diskutiert.

### Ergebnisse aus der Forschung

In einem von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) über die DGfH geförderten Projekt bestimmte das ift Daten für die Längsschalldämmung und die Stoßstellendämmung im Holzbau und untersuchte praktische Möglichkeiten zur Verbesserung der Längsschalldämmung.

Die Messungen im Längsleitungsprüfstand zeigen, dass die Werte der Längsschalldämmung von Holzwänden nach Beiblatt 1, deren Werte auf Messungen von Gösele zurückgehen, zum Teil deutlich überschritten werden. Die gleichen Tendenzen zeigen die Untersuchungen der Firma Fels. Da diese Messungen im Firmenprüfstand von Fels für Unterdecken durchgeführt wurden, der zudem mit  $31 \text{ m}^3/37 \text{ m}^3$  nach Prüfnorm zu kleine Volumina hat, sind die Ergebnisse nur eingeschränkt mit den Messungen im Längsleitungsprüfstand des ift vergleichbar. Da jedoch die Anzahl der Quellen be-

**Bild 4: Längsschalldämmung einer Holzständerwand mit durchgehender und getrennter Beplankung**



grenzt ist, werden die Daten zum Vergleich in der Tabelle 2 mit aufgenommen.

Die im Vergleich höheren Einzelwerte bei Fels lassen sich durch die stärker schalldämmende Beplankung und die unterschiedliche Dämmung erklären. Die im ift verwendeten Wände waren mit OSB ( $R_{w,OSB} = 29 \text{ dB}$ ) beplankt und mit Zelloosedämmstoff gedämmt. Die Testwände der Firma Fels waren mit Gipsfaserplatten GF beplankt ( $R_{w,GF} = 33 \text{ dB}$ ) und mit Mineralfaserdämmstoff gedämmt.

### Innere Beplankung

Die innere Beplankung der flankierenden Wände hat einen wesentlichen Einfluss auf die Flankenschalldämmung. Aus dieser Erkenntnis ergeben sich direkt konstruktive Möglichkeiten, um die Längsschalldämmung zu verbessern. Durch die Verwendung einer Beplankung mit höherer Transmissionschalldämmung kann die Längsschalldämmung verbessert werden.

Eine weitere Möglichkeit der Verbesserung ist die doppelte Beplankung der Wand, wodurch sich eine Verbesserung der bewerteten Norm-Flankenpegeldifferenz  $D_{n,f,w}$  um 3 bis 4 dB ergibt. Wird die Beplankung im Bereich des Anschlusses zum trennenden Bauteil getrennt, kann die Längsschalldämmung  $D_{n,f,w}$  um 3 bis 5 dB verbessert werden. Diese Ergebnisse sind zum Teil ebenfalls in früheren Arbeiten ermittelt worden und sind auch im Bauteilkatalog enthalten.

Der Artikel wird in der nächsten *mikado* mit Teil 2 fortgesetzt.

Dipl.-Ing. (FH) Bernd Saß,  
Rosenheim  
Dr. Rolf Schumacher,  
München

*Literaturliste kann in der Redaktion angefordert werden.*

## Willkommen im Kreise der Holzbau-Meister!

### Holzrahmenbau-Meister

Die Holzbau-Komplettlösung mit umfangreichem Schichteditor

### Architektur-Modul

Bauantragszeichnungen

### Statik-Anbindung

Räumliches Stabwerk  
DSTV-Schnittstelle

# S&S

Holzbau-Software Hardware

S&S Datentechnik GmbH  
Lehner Weg 2, 42929 Wermelskirchen  
Telefon 0 21 96 / 7 26 00  
Telefax 0 21 96 / 25 77  
Internet: www.abbund.com  
Mail: info@abbund.com

Die Wahl der Meister



Hier treffen sich die Meister: [www.holz-netzwerk.de](http://www.holz-netzwerk.de)

Institut für Fenstertechnik e.V.  
Gewerbegebiet Ost I  
Theodor-Gietl-Str. 7-9  
83026 Rosenheim  
Telefon +49 (8031) 261-0  
Telefax +49 (8031) 261-290  
E-Mail: [info@ift-rosenheim.de](mailto:info@ift-rosenheim.de)  
<http://www.ift-rosenheim.de>

